ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JANVIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Corneille Heymans**, Correspondant de l'Académie, lauréat du prix Nobel de Médecine, **Stefan Bergmann**, Professeur à l'Université Harvard, **Luitzen Egbertus Jan Brouwer**, Membre de l'Académie des Sciences de Hollande, Professeur à l'Université d'Amsterdam, qui assistent à la séance.

M. **Pierre Lejay**, Président de la Commission scientifique de l'Expédition polaire française, informe l'Académie de l'arrivée du *Charcot* en vue de la Terre Adélie.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine des plantes vasculaires.* Note de M. **Joseph Magrou**.

Dans une Note récente (1), nous avons signalé, avec M. Mariat, qu'une Graminée annuelle, le *Poa annua* L., cultivée en serre, à Paris, dans une terre prélevée en haute montagne, produit des organes pérennants et devient vivace, lorsqu'elle s'adapte à la symbiose mycorhizienne avec les champignons présents dans cette terre.

Cette expérience montre qu'une plante annuelle peut acquérir l'état vivace sous l'influence d'un facteur extrinsèque tel que la symbiose. Or, au cours de l'évolution du règne végétal, l'acquisition de l'état vivace semble avoir joué un rôle dans la genèse du groupe de beaucoup le plus important de la flore terrestre, celui des plantes vasculaires.

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 22.

On a proposé diverses théories pour expliquer l'origine des plantes vasculaires. Nous ne retiendrons ici que l'hypothèse soutenue par Treub ([2]), qui fait dériver ces plantes du sporogone d'une Muscinée voisine des Jungermanniales à thalle de notre temps. Nos observations sur le *Poa annua* nous semblent, en effet, apporter un nouvel argument en faveur de cette manière de voir.

Les Muscinées ou Bryophytes et les plantes vasculaires (Ptéridophytes et Phanérogames) présentent une évolution sexuelle remarquablement uniforme, qui a permis de réunir ces plantes, apparemment si disparates, dans le vaste ensemble des Archégoniates. On sait qu'une plante vasculaire, une Fougère feuillée, par exemple, est homologue non d'une tige feuillée de Mousse, mais du sporogone de celle-ci. Fougère feuillée et sporogone, en effet, dérivent d'un œuf, sont diploïdes et produisent des spores. Ils représentent la génération asexuée ou sporophyte qui, dans le cycle des Archégoniates, alterne avec la génération sexuée ou gamétophyte (tige feuillée de Mousse, thalle d'Hépatique ou prothalle de Fougère), issue d'une spore, haploïde et génératrice d'éléments reproducteurs sexuels ou gamètes.

Le sporophyte, au début de son développement, vit toujours en parasite sur le gamétophyte producteur de l'œuf qui lui a donné naissance. Chez les Muscinées, il meurt aussitôt après avoir produit ses spores et reste parasite sur le gamétophyte pendant tout le cours de sa brève existence. Chez les plantes vasculaires, au contraire, il s'affranchit de bonne heure pour mener une existence indépendante. Là réside la différence essentielle entre les deux grands groupes d'Archégoniates.

Treub a cherché à imaginer comment le sporophyte des Cryptogames vasculaires a pu acquérir l'autonomie physiologique qui le caractérise, alors que chez les ancêtres supposés de ces plantes, il n'était que morphologiquement autonome, vivant pour le reste comme parasite sur le gamétophyte. Selon lui, bien avant même de devenir une plante à racines, il se serait couché sur le sol et s'y serait insinué à l'aide d'une protubérance latérale ou protocorme, capable d'y puiser l'eau et les sels par ses poils absorbants. Devenu apte à se nourrir par ses propres moyens, il aurait pu désormais s'affranchir de l'état parasitaire.

Or un protocorme semblable à celui qu'imagine Treub existe dans l'une des familles les plus évoluées des plantes vasculaires, celle des Orchidées, et Noël Bernard a montré que son apparition chez ces plantes est une conséquence de la symbiose qu'elles contractent avec des champignons ([3]). Partant de là, il suppose qu'il a dû en être de même chez les plantes vasculaires les plus

---

([2]) *Ann. Jardin Bot. Buitenzorg*, 8, 1890, p. 1-37.

([3]) *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9e série, 9, 1909, p. 1-196.

primitives. Adoptant l'idée de Treub, selon laquelle le sporophyte annuel des Muscinées s'est affranchi tout d'abord en se couchant sur le sol et en s'y fixant par un protocorme, il la complète en affirmant que *l'apparition des plantes vasculaires a été la conséquence d'une haute adaptation de certaines Muscinées à la vie en symbiose avec des champignons*.

Cette hypothèse a pu paraître aventureuse, en raison du fossé en apparence infranchissable qui existait, lorsqu'elle a été formulée, entre le sporogone des Muscinées, de forme et de structure relativement simples, et le sporophyte toujours hautement différencié des plantes vasculaires les plus primitives connues à cette époque (Lycopodiacées, Psilotacées, Ophioglossées). Mais ce fossé a été ultérieurement comblé par la découverte, dans le Dévonien inférieur d'Écosse, de plantes vasculaires fossiles beaucoup plus simples, les Rhyniacées, décrites par MM. Kidston et Lang ([1]). Ce sont des plantes sans feuilles et sans racines, essentiellement formées, comme un sporogone de Muscinée, d'un axe dressé portant à son sommet une capsule renfermant des spores. Mais au lieu d'être parasites sur un gamétophyte, ces tiges dressées proviennent d'un rhizome souterrain horizontal fixé au sol par des rhizoïdes; elles répondent donc exactement au schéma que suppose l'hypothèse de Treub. Et, conformément aux prévisions de Noël Bernard, leur rhizome héberge un champignon symbiotique. Ce champignon, avec son mycélium de gros calibre, non cloisonné, et ses vésicules sphériques ou cylindriques, ressemble de façon frappante à celui que l'on retrouve dans les racines de nos *Poa annua* devenus vivaces. Sous l'action de la symbiose, nous avons vu les tiges dressées du *Poa* se coucher sur le sol, s'y fixer par des racines et se transformer en organes pérennants. Rien ne s'oppose dès lors à ce qu'un champignon en tout point semblable ait exercé dans le passé la même action sur un sporogone de Muscinée et l'ait transformé en une plante vivace, qui serait devenue la souche originelle des plantes vasculaires.

En résumé, nos observations sur le passage du *Poa annua* à l'état vivace, s'ajoutant à la découverte paléontologique des Rhyniacées par MM. Kidston et Lang, nous paraissent appuyer l'hypothèse selon laquelle le sporophyte des plantes vasculaires dérive d'un sporogone monopodial et annuel, qui s'est affranchi en prenant l'état vivace par suite d'une haute adaptation à la symbiose avec des champignons. Le jour où l'on réussirait à réaliser sur un sporogone de *Pellia* l'expérience que nous avons décrite chez le *Poa annua*, le problème de l'origine des plantes vasculaires semblerait bien près d'être résolu.

([1]) *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 51, 1917, p. 761; 52, 1920, p. 603; 52, 1921, p. 381 et 853.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Adaptation spontanée aux Porcs domestiques d'une larve de Muscide ectoparasite de l'Homme, le Ver des cases africain* (Auchmeromyia luteola *Fabr.*). Note de MM. **Émile Roubaud** et **Max Holstein**.

Auchmeromyia luteola Fabr. est le chef de file d'une petite tribu de *Calliphorinæ testaceæ*, celle des Auchméromyies, propre à l'Afrique tropicale et dont les représentants ont pour caractère commun de présenter des larves hémophages strictement adaptées à l'exploitation sanguine d'hôtes vertébrés très spécialisés. Depuis les observations déjà anciennes de Dutton, Todd et Christy (1904) qui ont fait connaître les grands traits de leur singulier comportement parasitaire, les larves de l'*A. luteola* sont couramment désignées sous le nom de *Vers des planchers* ou *Vers des cases*. Elles se rencontrent, en effet, habituellement dans le sable et les parties meubles du sol des habitations indigènes, en Afrique Noire. Elles piquent, pendant la nuit, les humains étendus à terre, se comportant comme parasites intermittents, à la manière de la tique africaine *Ornithodorus moubata* dont elles partagent l'habitat et les aptitudes de résistance au jeûne. Les représentants du sous-genre voisin *Chœromyia* Roub. exploitent, de leur côté, suivant le même mode, certains Mammifères à peau nue, habitants des terriers, les Phacochères et les Oryctéropes.

A la suite d'enquêtes approfondies effectuées, il y a environ 35 ans, sur ces Calliphorines, dans les différentes régions de l'Afrique occidentale française, l'un de nous faisait ressortir, d'une part la spécificité parasitaire, à l'égard de l'Homme, du Ver des cases et, d'autre part, celle des larves de Chœromyies ou Vers des terriers, à l'égard des animaux sauvages à peau nue ([1]).

Sous sa forme ailée, l' *A. luteola*, mouche coprophage, avait pu être parfois rencontrée dans les porcheries, se nourrissant sur les excréments des animaux; mais il ne fut jamais possible, à l'époque, de mettre en évidence quelque relation de ses larves avec les porcs domestiques, sur lesquels, d'ailleurs, on peut expérimentalement, les entretenir facilement. Inversement, les ailées des Chœromyies purent être quelquefois observées dans les habitations humaines ([2]), sans que jamais les larves aient été reconnues comme attaquant spontanément leurs occupants. Cependant, il était permis de penser que *la spécificité habituelle des larves d'Auchmeromyies vis-à-vis de leurs hôtes respectifs n'est que relative et que suivant les circonstances, il peut se produire des suppléances entre les hôtes* ([3]). Pour le Ver des cases, ces circonstances semblent surtout marquées par les conditions physiques d'un habitat domestique : constructions étanches, à sol meuble et sec, abritant un hôte à téguments nus.

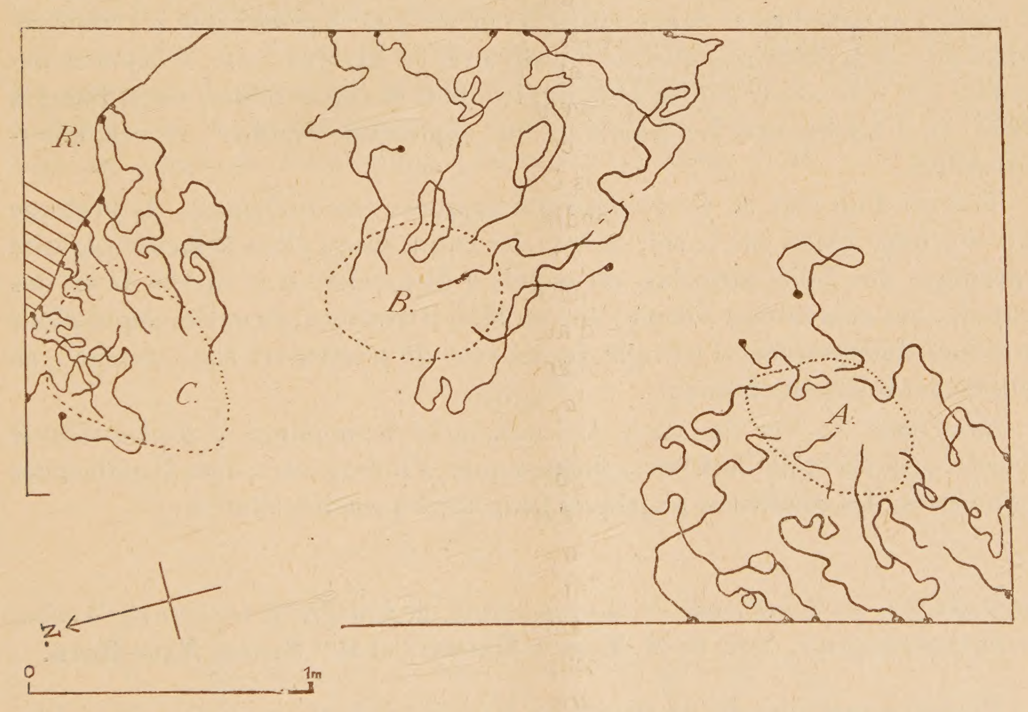
([1]) E. Roubaud, *Les Auchméromyies, Calliphorines à larves suceuses de sang* (*Bull. Scient. France et Belgique*, 7e série, 47, 1913.)

([2]) G. Bouet et E. Roubaud, *Bull. Soc. Path. exot.*, 9, 1946, p. 242.

([3]) E. Roubaud, *Bull. Soc. Path. exot.*, 9, 1916. p. 768.

L'un de nous (M. Holstein), entomologiste de la Recherche Scientifique Outre-mer, opérant à Bobo-Dioulasso (Côte d'Ivoire), au Service d'Hygiène mobile et de Prophylaxie, vient de confirmer ce point de vue. Dans les porcheries annexées à l'Hypnoserie locale, il a découvert de nombreuses larves d'*A. luteola* gorgées de sang de porc ([4]). Les observations suivantes ont pu être faites touchant cet intéressant parasitisme substitutif.

Les porcs infestés, une trentaine, de race Yorkshire, à robe blanche, occupent des cases construites en dur, sur sol latéritique recouvert de sable, dans le prolongement des habitations de l'Hypnosérie. L'attraction exercée par ces animaux se traduit par une *déviation* marquée des parasites qui se montrent de cinq à dix fois plus nombreux, larves ou adultes, au voisinage des porcs que dans les habitations humaines voisines. Dans ces dernières, l'importance de l'infestation augmente avec l'éloignement des porcheries. Il y a donc effet de zooprophylaxie.



Tracés vermiculaires de migration observés autour du point de stationnement de trois porcs, attachés en A, B, C, dans une case de porcherie. Les points noirs marquent les emplacements où ont été recueillies les larves ou pupes. R, saillant du substratum latéritique.

Les porcs, qui ne rentrent aux porcheries que pour la nuit, sont exploités par les larves en vertu d'un rythme nycthéméral nocturne, stabilisé : aucune attaque n'a été observée sur des animaux maintenus dans les locaux pendant

(4) Identification confirmée par la technique des précipitines.

le jour. C'est au pied des murs, dans les anfractuosités remplies de sable sec, que les larves au repos et les pupes ont été le plus fréquemment décelées. Les larves à jeun vont vers leurs hôtes et reviennent gorgées à leur abri, en suivant des cheminements horizontaux, perceptibles sur la surface sableuse sous forme de tracés vermiculaires (*figure*). Cette modification de leur comportement thermotrope, qui influence habituellement des déplacements verticaux, semble due à la présence d'un substratum latéritique compact, diffusant horizontalement la chaleur émise par les hôtes.

La substitution, pour la première fois reconnue, du porc domestique à l'homme, comme hôte naturel d'*A. luteola*, étend la liste, déjà diverse, des parasites humains hébergés par ce mammifère. Elle représente, sans nul doute, un fait d'adaptation récente, subordonné aux conditions, meilleures que par le passé, d'installation des porcheries locales.

De même que les progrès de la stabulation ont favorisé l'évolution zoophile d'espèces anophéliennes dangereuses, de même il est à penser que le remplacement des abris précaires, affectés d'ordinaire, en Afrique noire, à la garde des porcs, par des constructions plus hygiéniques et confortables, contribuera à faire de l'Auchméromyie humaine un exploitant régulier de ces hôtes-substitués.

Témoin d'un état de vie primitif qui suppose, essentiellement, la pratique du couchage direct sur le sol, le Ver des cases, jusqu'alors demeuré parasite spécifique des Noirs africains, est appelé à disparaître si le niveau de vie des populations autochtones vient à s'élever. Mais il trouvera, parmi les populations porcines domestiquées d'Afrique, les moyens de poursuivre son existence, en marge des intérieurs humains.

En résumé, le Ver des cases africain, larve hémophage d'*Auchmeromyia luteola*, peut s'adapter aux porcs domestiques, s'il rencontre, dans le milieu des porcheries, des conditions physiques favorables à son installation.

BOTANIQUE. — *L'influence de la température sur le degré de toxicité des toxines phytopathogènes*. Note de M. **Ernest Gäumann** et Mme **Stephi Naef-Roth**.

Plusieurs maladies du flétrissement d'origine infectieuse, celles des arbres en particulier, restent longtemps latentes puis déterminent au début de l'été, lorsque la température s'élève, un brusque dépérissement (apoplexie) chez les sujets atteints. On admettait jusqu'ici que ce collapsus était dû à l'action combinée de deux facteurs :

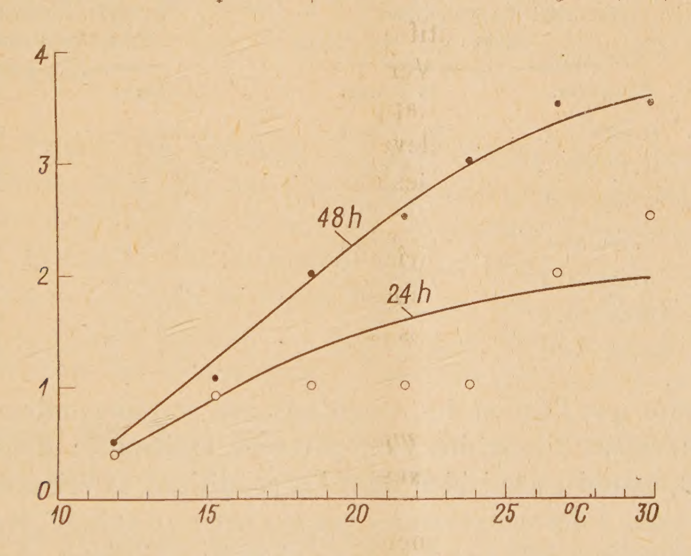
1° un affaiblissement préalable de l'arbre, consécutif à la dépense de réserves occasionnée par le débourrement;

2° une augmentation, sous l'effet de l'élévation de la température, de la production de toxine par l'agent pathogène.

Dans la présente Note, nous aimerions montrer que l'élévation de la température accroît en outre le *degré de toxicité* des toxines phytopathogènes.

De jeunes pousses de tomates, de 15^{cm} de longueur, furent trempées dans une solution $n/5.10^3$ de lycomarasmine (Gäumann, 1950) ([1]), jusqu'à ce qu'elles aient absorbé, en 40 à 100 minutes, la dose toxique minimum (150^{mg} de lycomarasmine par kilogramme de plante vivante). Elles furent ensuite replacées dans de l'eau et logées dans des thermostats dont l'air était maintenu à un degré constant d'humidité (50 à 60 % d'humidité relative). Les symptômes d'empoisonnement furent contrôlés 24 et 48 heures après le début de l'essai et consignés de la manière suivante : 0, aucun effet visible; 1, faible enroulement des pointes des feuilles, légères nécroses maculeuses; 2, fort enroulement des pointes des feuilles, légères nécroses marginales et maculeuses; 3, nécroses marginales et maculeuses assez fortes; 4, fortes nécroses marginales et maculeuses, les parties nécrosées étant sèches pour la plupart. La figure rapporte les moyennes arithmétiques obtenues.

La *quantité* de toxine absorbée est identique chez chacune des plantes. La *répartition* du poison est également la même dans toutes les plantes soumises à l'essai, car la lycomarasmine se répand de façon homogène dans les tissus déjà au cours de l'absorption (Gäumann et Jaag, 1946) ([2]). Dans ces



conditions, les différences qui pourraient se manifester dans l'intensité des symptômes du flétrissement devraient être dues à des variations du *degré de toxicité* de la lycomarasmine. Nous constatons, d'après la figure, que le degré de toxicité de la lycomarasmine absorbée par les tissus augmente

([1]) *Advances in Enzymology*, **11**, (sous presse).

([2]) *Experientia*, **2**, 1946, p. 215-220.

effectivement à mesure que la température s'élève et atteint plusieurs fois la valeur enregistrée à la température la plus basse. On a observé un phénomène analogue en toxicologie médicale dans le cas de la colchicine (Fühner et Breipohl, 1933) ([3]).

Il y a lieu de considérer deux possibilités d'accroissement du degré de toxicité de la lycomarasmine en fonction de l'élévation de la température : *a.* une activation de la *transformation* de la lycomarasmine en complexe lycomarasmine-fer dix fois plus toxique (Gäumann, Naef et Miescher, 1950) ([4]) et *b.* une amplification de l'*action* coagulante du complexe lycomarasmine-fer.

a. S'il est exact que la lycomarasmine se trouvant à l'intérieur des cellules est transformée plus rapidement en complexe lycomarasmine-fer à mesure que la température s'élève, l'influence de cette dernière doit être nulle quand les plantes ont absorbé, au lieu de lycomarasmine pure, une dose correspondante du complexe lycomarasmine-fer. Notre tableau démontre que tel est bien le cas.

Température (°C).	Dose toxique minimum (15^{mg} du complexe équimoléculaire lycomarasmine-fer par kilogramme de plante vivante). Intensité des symptômes après : 24 heures.	48 heures.	Double de la dose toxique minimum (30^{mg} du complexe équimoléculaire lycomarasmine-fer par kilogramme de plante vivante). Intensité des symptômes après : 24 heures.	48 heures.
11,7	0.52±0.1	2.0±0.3	1.3±0.1	2.7±0.5
14,8	0.17±0.1	1.3±0.3	0.9±0.1	2.4±0.4
18,6	0.58±0.2	2.0±0.4	1.3±0.2	2.5±0.6
21,7	0.18±0.1	1.2±0.2	1.4±0.2	2.3±0.2
23,8	0.47±0.2	1.6±0.4	1.4±0.2	2.9±0.3
27,0	0.66±0.1	1.5±0.1	1.4±0.2	2.7±0.3
29,3	0.54±0.2	2.0±0.5	1.5±0.2	2.7±0.4

b. Il est connu que l'action des coagulases sur certaines albumines pures augmente rapidement d'intensité à température croissante; dans le protoplasme végétal, soumis, aussi bien dans les conditions extérieures que dans celles de nos essais, à des températures variant entre 10 et 30°C, les substances albuminoïdes devraient être par contre amplement stabilisées. Aussi, n'est-il pas surprenant que dans notre tableau l'élévation de la température ne provoque pas une intensification de l'action coagulante du complexe lycomarasmine-fer, mais qu'elle agisse seulement sur la transformation de la lycomarasmine en complexe lycomarasmine-fer.

([3]) *Arch. exper. Pathol.*, 173, 1933, p. 146-158.
([4]) *Phytopath. Zschr.*, 16 (sous presse).

M. **Gaston Julia** s'exprime en ces termes :

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le tome V des œuvres d'Henri Poincaré, qui marque la reprise de cette édition à laquelle vous avez bien voulu vous intéresser spécialement. Le texte, et des notes nombreuses et intéressantes, ont été établis par M. Albert Châtelet, doyen de la Faculté des Sciences; l'impression a été réalisée par la maison Gauthier-Villars avec son soin habituel. Je ne puis manquer de vous signaler que l'édition de ce tome V a pu être assurée grâce à des dons importants du C. N. R. S., de l'Union internationale d'Astronomie, et des élèves de l'École Polytechnique des promotions 1946 et 1947. A tous ces artisans de notre œuvre, j'adresse les remercîments de l'Académie. »

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie, de la quatrième édition de mes *Leçons sur la théorie des fonctions*, qui est le premier Ouvrage que j'ai publié. C'est pour moi une agréable occasion de remercier les nombreux collaborateurs français et étrangers de la *Collection de Monographies sur la Théorie des fonctions*, dont cet Ouvrage a été l'origine.

Je fais également hommage à l'Académie d'une nouvelle édition d'un Ouvrage de cette Collection : *L'Analysis situs et la Géométrie algébrique*, par Salomon Lefschetz.

M. **Paul Fallot** fait hommage à l'Académie, au nom du Service géologique du Maroc, de la série des *Notes et Mémoires* publiés par cet organisme, et dont l'un des fascicules est de sa main. Il souligne l'importance de l'œuvre géologique accomplie par la France depuis vingt-cinq ans dans l'Empire chérifien sous la direction de Pierre Despujols, puis de Henri Termier, enfin, actuellement, de Jean Marçais. La montée impressionnante de la production minière marocaine est la conséquence directe de cette activité scientifique.

M. **Georges Bouligand** fait hommage du tome II, fascicule A, de son Ouvrage : *Les principes de l'Analyse géométrique : Base méthodologique*.

M. **Waclaw Sierpinski** adresse l'Ouvrage consacré à son Jubilé et intitulé : *Jubileusz 40-lecia dzialalnosci na katedrze uniwersyteckiej profesora Waclawa Sierpinskiego, Warszawa*, 23-9-1948.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Élias Melin** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Emmanuel Teodoresco*, décédé.

DÉSIGNATIONS.

M. **Maurice Caullery** est désigné pour représenter l'Académie à l'**International anatomical Congress**, qui aura lieu à Oxford, en juillet 1950.

MM. **Louis de Broglie**, **Gaston Julia**, **Paul Lebeau**, **Albert Portevin**, **Pierre Jolibois**, **Louis Hackspill**, **Paul Pascal** et **Pierre Chevenard** sont désignés pour représenter l'Académie dans le Comité d'honneur de la manifestation organisée par la Société Française de Métallurgie, le 18 octobre 1950, pour commémorer le Centième anniversaire de la naissance de *Henry Le Chatelier*.

CORRESPONDANCE

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire d'Ethnologie des Hommes actuels et des Hommes fossiles, vacante au *Muséum National d'Histoire Naturelle*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

L'**Université de Glasgow** invite l'Académie à prendre part aux Cérémonies qui auront lieu, à l'occasion du cinq-centième anniversaire de sa fondation, au mois de juin 1951.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Actualités scientifiques et industrielles. 1079. *Progrès récents de la Chromatographie*. Première Partie. *Chimie organique et biologique*, par Edgar Lederer (présenté par M. J. Duclaux).

2° Paul Jovet. *Le Valois. Phytosociologie et Phytogéographie* (présenté par M. R. Combes).

3° Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France. *Centenaire*. IV.

4° René Fabre. *La Pharmacie française. Enseignement et exercice de la profession. Règlements et organisation*.

5° Université de Paris. Faculté de Pharmacie. *Programmes d'études et renseignements scolaires*.

6° Giacomo Piccarolo. *Expériences faites dans la Culture du peuplier en Italie*.

7° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc National Albert. *Mission H. Damas* (1935-1936) : Fascicules 18 et 19. *Mission G. F. De Witte* (1933-1935) : Fascicules 60 et 61.

8° Id. *Les Parcs nationaux du Congo belge*.

9° Id. Parc National de l'Upemba, Congo belge. *Vues en couleurs*. Série 1 à 9.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur la notion d'ordre.*
Note de M. **L.-E.-J. Brouwer**, présentée par M. Émile Borel.

Une espèce S d'entités mathématiques est dite *partiellement ordonnée*, si d'après certains critères γ il existe pour certaines paires d'éléments de S, composées chacune d'un premier élément X et d'un second élément Y, des *relations d'ordre* $X \doteq Y$ (X et Y sont *du même rang*), $X < Y$ (X est *inférieur* à Y) ou $X > Y$ (X est *supérieur* à Y), remplissant, a, b, c, r, s désignant des éléments arbitraires de S, les conditions suivantes :

1. $a \doteq a$;
2. $a \doteq b$ entraîne $b \doteq a$;
3. l'union de $a \doteq b$ et $b \doteq c$ entraîne $a \doteq c$;
4. $a < b$ et $b > a$ s'impliquent mutuellement;
5. l'union de $a \doteq r$, $b \doteq s$ et $a < b$ entraîne $r < s$;
6. l'union de $a < b$ et $b < c$ entraîne $a < c$;
7. $a < b$ exclut $a > b$ (donc d'après ce qui précède $a \doteq b$ exclut $a < b$).

Deux éléments a et b d'une espèce partiellement ordonnée seront dits *de rangs différents*, si la relation $a \doteq b$ s'est trouvée contradictoire.

Si dans une espèce partiellement ordonnée deux éléments arbitraires a et b sont ou bien du même rang ou bien de rangs différents, l'espèce sera dite *discrètement* ordonnée.

Si dans une espèce partiellement ordonnée on a pour deux éléments arbitraires a et b de rangs différents ou bien $a < b$ ou bien $a > b$, l'espèce sera dite *quasicomplètement* ordonnée.

Un ordre partiel qui est en même temps discret et quasi complet, sera dit *complet*.

Un ordre partiel sera dit *naturel*, si ses critères γ constituent une extension de ceux de quelque ordre simple et intuitif complet.

Une relation u, qui est une relation $p \doteq q$, $p < q$ ou $p > q$, qu'on imagine pour deux éléments p et q de l'espèce partiellement ordonnée S, sera dite *compatible avec l'ordre partiel de* S, si pour l'espèce de relations qui est l'union de la relation u et des relations d'ordre découlant des critères γ, la non-contradiction du système de conditions 1, 2, ..., 7 reste en vigueur. L'ordre partiel π de S sera dit *saturé*, s'il se trouve établi que chaque relation d'ordre compatible avec π découle elle-même des critères γ, donc fait partie de π.

Il a été démontré que l'ordre saturé est équivalent à l'ordre *virtuel*, c'est-à-dire à l'ordre partiel qui, en dehors des conditions 1, 2, ..., 7, satisfait aux conditions supplémentaires suivantes :

8. L'absurdité simultanée de $a \doteq b$ et $a < b$ entraîne $a > b$.
9. L'absurdité simultanée de $a < b$ et $a > b$ entraîne $a \doteq b$.

On constate immédiatement que pour chaque relation d'ordre qu'on imagine

pour deux éléments de l'espèce virtuellement ordonnée S la non-contradiction est équivalente à l'existence et que pour chaque paire d'éléments de cette espèce S la participation à l'ordre virtuel est non-contradictoire.

L'ordre virtuel trouve sa réalisation la plus importante dans l'ordre partiel naturel du continu intuitionniste.

Évidemment l'ordre complet implique l'ordre virtuel. Par contre l'*ordre virtuel n'implique ni l'ordre complet, ni même l'ordre quasi complet.* Pour les ordres partiels naturels cette non-implication est mise en évidence par l'exemple d'une propriété essentiellement négative que j'ai communiqué à l'Académie des Sciences d'Amsterdam dans sa séance du 25 septembre 1948.

En revanche, pour les ordres partiels naturels, l'ordre quasi complet n'implique pas non plus l'ordre virtuel. En effet, appelons deux entités mathématiques *différentes* si leur égalité est absurde, et disons de deux espèces d'entités mathématiques a et b que a est *contenue* dans b si chaque élément de a est égal à un élément de b, que a et b sont *identiques* si elles sont contenues l'une dans l'autre, et que a *sort* de b si a contient un élément différent de chaque élément de b. Basons ensuite l'*ordre partiel naturel* π_1 *d'une espèce arbitraire* E *d'espèces d'entités mathématiques* sur la convention que pour deux éléments a et b de E on mettra $a \doteq b$ si a et b sont identiques, et $a < b$ si a est contenu dans b tandis que b sort de a.

Considérons en particulier l'ordre partiel π_1 de l'espèce R contenant comme éléments les espèces a_ω et a_r, définies comme il suit : a_ω se compose de la suite infinie de nombres rationnels $0, 1, 2^{-1}, 2^{-2}, \ldots$, tandis que a_r contient comme éléments ceux de a_ω, et en plus un nombre réel r satisfaisant à la condition que, sans qu'il soit contenu dans a_ω, son appartenance à a_ω est non-contradictoire. L'intuitionisme dispose de divers moyens de construire de tels nombres. Alors la différence de rang par rapport à π_1 des deux éléments de R étant contradictoire, la seule paire d'éléments contenue dans R n'est pas touchée par la condition de l'ordre quasi complet, qui par conséquent se trouve bien réalisé. D'autre part, la condition 9 de l'ordre virtuel n'est pas remplie, les relations $a_r < a_\omega$ et $a_r > a_\omega$ étant toutes les deux contradictoires sans qu'il s'ensuive la relation $a \doteq a_\omega$. Il s'ensuit que, pour l'espèce R, l'ordre partiel π_1 n'est pas virtuel.

Hors du domaine des ordres partiels naturels, la mise en évidence de l'indépendance mutuelle de l'ordre quasi complet et de l'ordre virtuel se fait d'une manière plus simple. En effet, considérons une espèce S se composant de deux entités mathématiques a et b seulement. Soit α une assertion mathématique *non-éprouvable*, c'est-à-dire que jusqu'ici on ne connaît pas d'algorithme à déduire soit la non-contradictorité soit l'absurdité de α. Définissons un ordre partiel de S en choisissant comme critères respectifs des relations $a > b$, $a < b$ et $a \doteq b$ l'établissement de la non-contradiction, de l'absurdité et de l'ensemble de la non-contradiction et de l'absurdité de α. Cet ordre partiel est virtuel,

sans être quasi complet. D'autre part, si les trois critères en question sont successivement remplacés par l'établissement de l'ensemble de la vérité et de l'absurdité de α, de l'absurdité de α et de la vérité de α, on obtient un ordre quasi complet, qui n'est pas virtuel.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les relations d'incomposabilité dans les logiques de complémentarité.* Note de M. **Renaud de Bengy-Puyvallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans des Notes précédentes ([1]), nous avons donné les formules de composabilité à partir de la notion de *réalisabilité*, définie par Mme Destouches-Février ([2]) pour les logiques de complémentarité par

$$\text{Réal}\, p(a) =_d \propto \mathsf{C}[a; p(x)], \qquad \text{Réal}\, p(x) =_d \propto \exists x \dot{\mathsf{C}}[x; p(u)],$$

[construire un a tel que soit réalisé ce qu'on énonce par $p(a)$, ...].

En logique de l'intuitionisme sans négation, une espèce $\text{Esp}_x[p(x)]$ est *bien définie* si $p(x)$ est réalisable. Pour la composabilité de deux espèces *bien définies* $\text{Esp}_x p(x)$ et $\text{Esp}_x q(x)$ [où $p(x)$ et $q(x)$ sont réalisables], on a

$$p(x) \underset{\&}{=\!\!|\!\!=} q(x) . \equiv . \text{Bdf}\{\text{Esp}_x[p(x)] \cap \text{Esp}_x[q(x)]\}.$$

En logique quantique, on obtient une formule identique où les espèces sont remplacées par des multiplicités linéaires dans l'espace de Hilbert.

Dans l'intuitionisme sans négation ([3]), la disjonction $\vee$ de deux propositions n'est pas toujours définie; il faut une condition de composabilité $p \underset{\vee}{=\!\!|\!\!=} q$ définie de la façon suivante

$$p(x) \underset{\vee}{=\!\!|\!\!=} q(x) . =_d \text{Réal}\, p(x) . \,\&\, \text{Réal}\, q(y),$$

car la réunion de deux espèces n'est définie que si chacune des deux espèces contient au moins un élément; on a alors cette identité

$$p.x \underset{\vee}{=\!\!|\!\!=} q(x) . \equiv . \text{Bdf}\{\text{Esp}_x[p(x)] \cup \text{Esp}_x[q(x)]\}.$$

2. L'incomposabilité pour & peut être définie d'une manière strictement constructive à partir de la notion d'*écart* ω entre éléments de l'ensemble fonda-

([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 589; **226**, 1948, p. 454; **228**, 1949, p. 624.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 31.

([3]) G. F. C. Griss, *Proc. Ned.*, **53**, 1944, p. 261; **49**, 1946, p. 1121-1133; *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 918.

mental (ou déploiement) E considéré

$$p(x) \underset{\&}{\|} q(y) =_d \forall x, y \{ \propto \mathsf{C}[x; p(u)]. \&. \propto \mathsf{C}[y; q(v)] : \to : x\omega y \},$$

$x\omega y$ signifiant : x écarté de y.

La définition de deux espèces disjointes peut être exprimée par

$$\mathrm{Esp}_x p(x) \not\# \mathrm{Esp}_y p(y) =_d p(x) \underset{\&}{\|} q(y).$$

L'espèce complémentaire $\mathcal{C}$ d'une espèce sur l'ensemble E peut être définie par

$$\mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_x p(x) =_d \mathrm{Esp}_y \{ y \in E. \&. \forall x. [x \in \mathrm{Esp}_u p(u). \to . y\omega x] \}.$$

Pour que cette espèce soit *bien définie*, il faut (comme toujours dans l'intuitionisme sans négation) qu'elle ait au moins un élément. En remplaçant dans cette formule $\in$ par sa définition, on a

$$\mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_x p(x) =_d \mathrm{Esp}_y \{ y \in E. \&. \forall x. \propto \mathsf{C}[x; p(u)]. \to . x\omega y \}.$$

A l'opération de complémentaire d'une espèce, on peut associer une opération de négation (négation conditionnelle) en posant

$$N_E p(x) =_d x \in \mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_y p(y).$$

On aura

$$\text{Réal}\, N_E p(x). \equiv . \mathrm{Bdf}\, \mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_y p(y).$$

On peut établir la propriété suivante :

$$\mathrm{Esp}_x p(x) \not\# \mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_x p(x) \quad \text{ou} \quad p(x) \underset{\&}{\|} N_E p(x).$$

$N_E N_E p(x)$ est en général différent de $p(x)$, et l'on a

$$P(x) \ \& \ \text{Réal}\, N_E N_E p(x). \to . N_E N_E p(x).$$

On peut définir d'une manière positive l'irréalisabilité pour une proposition $p(a)$ par

$$\mathrm{Irr}\, p(a) =_d \text{Réal}\, p(x). \&. \forall y. p(y) \to a\omega y.$$

3. L'irréalisabilité ne peut être définie d'une manière négative en mathématique intuitioniste sans négation que sur le plan pré-mathématique. Si l'on introduit la notion de contradiction Λ on peut comme le fait Johansonn définir la négation par

$$\neg p =_d p \to \Lambda.$$

Alors

$$\mathrm{Irr}_\neg p(x) =_d \neg\, \text{Réal}\, p(x).$$

L'incomposabilité pour $\vee$ ne peut se définir qu'au moyen de $\mathrm{Irr}_\neg$, c'est-à-dire

sur le plan pré-mathématique

$$p(x) \underset{\vee}{\|} q(y) =_d \mathrm{Irr}_\neg p(x) . \vee . \mathrm{Irr}_\neg q(y).$$

On pourrait de même définir une irréalisabilité forte pour & par $\neg(p \underset{\&}{\mid} q)$ et pour $p(a)$, par $\mathrm{Irr}_\neg p(a)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les opérateurs self-adjoints d'un espace de Hilbert.* Note (*) de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

Théorème 1 ([1]). — *Soit* $A \in \mathcal{S}$, $A \geq 0$. *Soit* $\mathfrak{M}$ *une variété linéaire fermée. L'ensemble des* $B \in \mathcal{S}$, $0 \leq B \leq A$, *réduits par* $\mathfrak{M}$, *induisant* 0 *dans* $\mathfrak{M}' = H \ominus \mathfrak{M}$, *possède un plus grand élément.*

Pour $x \in \mathfrak{M}$, soit $f(x)$ la borne inférieure des $\big(A(x+y), x+y\big)$, où y parcourt $\mathfrak{M}'$. Pour $\varepsilon > 0$, soit $\mathcal{E}_\varepsilon^x$ l'ensemble des $y \in \mathfrak{M}'$ tels que

$$\big(A(x+y), x+y\big) \leq f(x) + \varepsilon.$$

Pour $y \in \mathcal{E}_\varepsilon^x$ et $z \in \mathfrak{M}'$, on a

$$(1) \qquad \big|\big(A(x+y), z\big)\big|^2 \leq \varepsilon(Az, z).$$

Car, si $(Az, z) = 0$, on a $Az = 0$, donc $\big(A(x+y), z\big) = (x+y, Az) = 0$. Si $(Az, z) \neq 0$, posant $g(\lambda) = \big(A(x+y+\lambda z), x+y+\lambda z\big)$, on a

$$g(\lambda) = (Az, z)|\lambda - \lambda_0|^2 + g(\lambda_0), \qquad \text{avec} \quad \lambda_0 = -\big(A(x+y), z\big)(Az, z)^{-1}.$$

Or $g(\lambda) \geq f(x)$ pour tout λ, et $g(0) = \big(A(x+y), x+y\big) \leq f(x) + \varepsilon$. Donc $\varepsilon \geq g(0) - g(\lambda_0) = (Az, z)|\lambda_0|^2$. D'où (1).

Lemme. — *a. Soit* $x \in \mathfrak{M}$. *Si* $y_n \in \mathcal{E}_{n^{-1}}^x$, $A^{1/2}y_n$ *converge fortement, et* $A(x+y_n)$ *converge fortement vers un* $x' \in \mathfrak{M}$. *b. Si, pour une suite* $(y_n^\star)$ *extraite de* $\mathfrak{M}'$, $A^{1/2}y_n^\star$ *converge fortement et* $A(x+y_n)$ *converge fortement vers un* $x'^\star \in \mathfrak{M}$, *alors* $x' = x'^\star$.

Car (1), appliqué à y_n et $y_m (m \geq n)$ donne $\big|\big(A(y_n - y_m), z\big)\big|^2 \leq 4n^{-1}(Az, z)$ pour $z \in \mathfrak{M}'$. Faisant $z = y_n - y_m$, il vient

$$\left\|A^{\frac{1}{2}}(y_n - y_m)\right\|^2 = \big(A(y_n - y_m), y_n - y_m\big) \leq 4n^{-1},$$

donc $A^{1/2}y_n$ converge fortement. Donc $A(x+y_n)$ converge fortement vers

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) L'ensemble $\mathcal{S}$ des opérateurs self-adjoints de l'espace hilbertien H n'est pas réticulé. Les théorèmes de cette Note permettent de suppléer dans certains cas à l'absence de cette propriété. Ils seront utilisés dans un travail sur les anneaux d'opérateurs.

un x'. (1) donne encore $|(A(x+y_n), z)|^2 \leqq n^{-1}(Az, z)$, d'où, quand $n \to \infty$, $(x', z) = 0$, $x' \in \mathfrak{M}$. Ensuite, $A^{1/2}(y_n - y_n^\star)$ converge fortement vers un u, et $A(y_n - y_n^\star) \to x' - x'^\star$. D'où $x' - x'^\star = A^{1/2}u$. Alors

$$0 = (y_n - y_n^\star, x' - x'^\star) = \left(y_n - y_n^\star, A^{\frac{1}{2}}u\right) = \left(A^{\frac{1}{2}}(y_n - y_n^\star), u\right) \to (u, u),$$

d'où $u = 0$, $x' - x'^\star = A^{1/2}u = 0$.

Ce lemme prouve aussitôt la *linéarité* de l'opérateur A' défini dans $\mathfrak{M}$ par $A'x = x'$. Ensuite, (1) donne $|(A(x+y_n), y_n)|^2 \leqq n^{-1}(Ay_n, y_n)$. Comme (Ay_n, y_n) est borné $\big($puisque $(A(x+y_n), x+y_n) \leqq f(x) + n^{-1}$ est borné$\big)$, il en résulte $(A(x+y_n), y_n) \to 0$. D'autre part, $(A(x+y_n), x) \to (x', x) = (A'x, x)$. Enfin, $(A(x+y_n), x+y_n) \to f(x)$. Donc

$$(2) \qquad 0 \leqq (A'x, x) = f(x) \leqq (Ax, x).$$

Donc A' *est self-adjoint* $\geqq 0$ *borné* (²). Soit $A'' = A'P_{\mathfrak{M}}$. A'' est défini dans H, *self-adjoint* $\geqq 0$, *réduit par* $\mathfrak{M}$, *et induit* 0 *dans* $\mathfrak{M}'$. *On a* $A'' \leqq A$. Car, soit $t \in H$. On a $t = x + y$, avec $x \in \mathfrak{M}$, $y \in \mathfrak{M}'$, et

$$(A''t, t) = (A'x, x) = f(x) \leqq \big(A(x+y), x+y\big) = (At, t).$$

Enfin, *si* $B \in \mathcal{S}$, $0 \leqq B \leqq A$, *est réduit par* $\mathfrak{M}$ *et induit* 0 *dans* $\mathfrak{M}'$, *on a* $B \leqq A''$. Car, avec les notations précédentes, $(Bt, t) = (Bx, x) = \big(B(x+y'), x+y'\big)$ quel que soit $y' \in \mathfrak{M}'$, donc $(Bt, t) \leqq \big(A(x+y'), x+y'\big)$, donc

$$(Bt, t) \leqq f(x) = (A''t, t).$$

A'' est donc l'opérateur du théorème.

Théorème 2. — *Soit* $\mathcal{F} \subset \mathcal{S}$ *un ensemble majoré et filtrant croissant* (³). $\mathcal{F}$ *possède une borne supérieure* A *fortement adhérente à* $\mathcal{F}$.

Démonstration (⁴). — Soit $T \in \mathcal{F}$, et $\mathcal{F}' \subset \mathcal{F}$ l'ensemble des éléments de $\mathcal{F}$ qui majorent T. $\mathcal{F}$ et $\mathcal{F}'$ ont mêmes majorants. $\mathcal{F}'$ est majoré *et minoré*, on peut donc supposer $0 \leqq S \leqq 1$ pour $S \in \mathcal{F}'$. Soient alors $S \in \mathcal{F}'$, $S' \in \mathcal{F}'$, avec $S \geqq S'$, et $f \in H$. On a

$$(2) \quad \|(S-S')f\|^4 = \big((S-S')f, (S-S')f\big)^2 \leqq \big((S-S')f, f\big)\big((S-S')^2 f, (S-S')f\big) \ (^5)$$
$$\leqq \big((S-S')f, f\big)\|(S-S')^2 f\|\,\|(S-S')f\| \leqq \big((S-S')f, f\big)\|f\|^2.$$

(²) Car (2), appliqué à $x + w$ et $x - w$ ($x \in \mathfrak{M}$, $w \in \mathfrak{M}$) prouve que $(A'x, w) + (A'w, x)$ est réel; changeant x en ix, on en conclut que $(A'x, w)$ et $(A'w, x)$ sont imaginaires conjugués : A' est self-adjoint.

(³) Ce qui veut dire : si $S \in \mathcal{F}$ et $S' \in \mathcal{F}$, il existe un $S'' \in \mathcal{F}$ avec $S'' \geqq S$, $S'' \geqq S'$.

(⁴) L'idée essentielle se trouve dans J. P. Vigier, *Étude sur les suites infinies d'opérateurs hermitiens, Thèse*, Genève, 1946. Vigier prouve, à l'aide de (2), que toute suite croissante majorée d'opérateurs self-adjoints converge fortement.

(⁵) A cause de l'inégalité $|(Kf, g)|^2 \leqq (Kf, f)(Kg, g)$, où $K \in \mathcal{S}$, $K \geqq 0$.

Les nombres $(\mathrm{R}f, f)$, où $\mathrm{R}\in\mathcal{F}'$, sont bornés supérieurement. Donc, pour tout $\varepsilon > 0$ existe un $\mathrm{S}_\varepsilon\in\mathcal{F}'$ tel que $\mathrm{S}\geqq\mathrm{S}'\geqq\mathrm{S}_\varepsilon$ entraîne $\big((\mathrm{S}-\mathrm{S}')f, f\big)\leqq\varepsilon$, donc $\|\mathrm{S}f-\mathrm{S}'f\|^4\leqq\varepsilon\|f\|^2$; si $\mathrm{S}\geqq\mathrm{S}_\varepsilon$, $\mathrm{S}'\geqq\mathrm{S}_\varepsilon$, il existe un $\mathrm{S}''\in\mathcal{F}'$ avec $\mathrm{S}''\geqq\mathrm{S}\geqq\mathrm{S}_\varepsilon$, $\mathrm{S}''\geqq\mathrm{S}'\geqq\mathrm{S}_\varepsilon$, d'où $\|\mathrm{S}f-\mathrm{S}'f\|^4\leqq 16\varepsilon\|f\|^2$. Soit $\mathcal{E}_\varepsilon$ l'ensemble des $\mathrm{S}f$ où $\mathrm{S}\in\mathcal{F}'$, $\mathrm{S}\geqq\mathrm{S}_\varepsilon$. D'après ce qui précède, les $\mathcal{E}_\varepsilon$ forment une base de filtre de Cauchy, qui converge vers un $f'\in\mathrm{H}$.

Il est alors aisé de vérifier que l'application $f\to f'$ est un opérateur self-adjoint borné, soit A, qui majore $\mathcal{F}'$ donc $\mathcal{F}$, et est fortement adhérent à $\mathcal{F}'$ donc à $\mathcal{F}$. Si maintenant A' majore $\mathcal{F}$, l'ensemble des minorants de A', étant fortement fermé et contenant $\mathcal{F}$, contient A. Donc A est la borne supérieure de $\mathcal{F}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Questions d'existence au voisinage de la frontière d'une surface de Riemann.* Note (*) de M. **Leo Sario**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. On connaît plusieurs critères pour que la frontière d'une surface de Riemann donnée soit de mesure harmonique nulle (le type de la surface parabolique), notamment ceux des MM. Nevanlinna [1], Ahlfors [2] et Laasonen [3]. Le but de cette Note est d'indiquer le rapport de ces critères avec une notion de module. Nous relions ces considérations à quelques questions d'existence au voisinage de la frontière.

Soient F une surface de Riemann arbitraire et F_0 un domaine compact de F, de complémentaire $\mathrm{G}=\mathrm{F}-\mathrm{F}_0$ connexe. On désigne par $\mathrm{H}_0\mathrm{B}$ (resp. $\mathrm{H}_0\mathrm{D}$) la classe des fonctions harmoniques uniformes non constantes, bornées (resp. à intégrale de Dirichlet finie) dans G, et s'annulant sur la frontière γ_0 de F_0. L'existence de ces fonctions est en rapport étroit avec certaines propriétés de la frontière des surfaces de Riemann [4].

Soit $\mathrm{F}_0\subset\mathrm{F}_1\subset\mathrm{F}_2\subset\ldots$ une exhaustion de F, la frontière γ_n de F_n se composant d'un nombre fini de courbes simples fermées analytiques sans points communs avec γ_{n+1}. La différence $\mathrm{F}_{n+1}-\mathrm{F}_n$ est constituée par un nombre fini de morceaux de surface E_{ni}. Désignons par γ_{ni} (resp. γ'_{ni}) la partie commune des frontières de E_{ni} et F_n (resp. F_{n+1}) et par f_i la fonction harmonique dans E_{ni}, s'annulant sur γ_{ni} et prenant sur γ'_{ni} une valeur constante $\log\sigma_n(>0)$ telle que $\sum_i\int_{\gamma_{ni}} dg_i = 2\pi$ $(s_i=f_i+ig_i)$. Les domaines E_{ni} convenablement coupés et les

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A, 54, n° 3, 1940, p. 1-18.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 30.

(3) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A, I, n° 11, 1942, p. 1-5.

(4) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 42.

constantes arbitraires des g_i convenablement choisies, les fonctions $r_i = e^s$ effectuent une représentation conforme univalente de la différence $F_{n+1} - F_n$ sur une couronne à rayons 1 et σ_n. Nous dirons que σ_n est le module d'exhaustion de $F_{n+1} - F_n$.

THÉORÈME. — *Si le produit des modules d'exhaustion diverge, $\Pi\sigma_n \to \infty$, il n'existe aucune fonction H_0B ou H_0D sur G. En particulier, la condition (1) entraîne que la mesure harmonique de la frontière est nulle.*

Démonstration. — Soit d'abord u une fonction H_0B dans $G(|u| < M)$. Désignons par γ^h les courbes de niveau $f_i = h\ (0 \leq h \leq \log\sigma_n)$ et par F^h le domaine limité par γ_0 et γ^h. Pour l'intégrale de Dirichlet $D(u, F^h)$ on a, d'après l'inégalité de Schwarz, en écrivant $s = f + ig$ au lieu des $s_i = f_i = ig_i$,

$$D^2(u, F^h) = \left(\int_{\gamma^h} u\, dv\right)^2 \leq M^2 \int_{\gamma^h} \left|\frac{dv}{ds}\right|^2 df \int_{\gamma^h} df = 2\pi M^2 \frac{dD(u, F^h)}{dh}.$$

Par intégration de 0 à $\log\sigma_n$ et addition de $n = 1$ à $n = m - 1$ on obtient $[1/D(u, F_1)] - [1/D(u, F_m)] \geq (1/2\pi M^2)\log(\sigma_1 \ldots \sigma_{m-1})$. Ainsi, la condition $\Pi\sigma_n \to \infty$ entraîne $D(u, F_1) = 0$, ce qui signifie que la classe H_0B est vide et, en particulier, la mesure harmonique de la frontière s'annule. On sait qu'alors la classe H_0D est également vide. C. Q. F. D.

2. Soit x_i la fonction harmonique dans E_{ni}, s'annulant sur γ_{ni} et prenant sur γ'_{ni} une valeur constante $\log\mu_{ni}$ telle que $\int_{\gamma_{ni}} dy_i = 2\pi\ (z_i = x_i + iy_i)$. On a $1/\log\sigma_n = \sum_i (1/\log\mu_{ni})$. Si, en particulier, les E_{ni} sont doublement connexes, formons dans chaque E_{ni} une chaîne d'éléments de surface dans une représentation paramétrique régulière au sens de Nevanlinna (¹). Le nombre l_{ni} des éléments de la chaîne satisfait à l'inégalité $1/l_{ni} \leq c\log\mu_{ni}$ (c = const.) (⁵). On retrouve ainsi, d'après le théorème ci-dessus, en posant $l_n = \sum_i l_{ni}$, le théorème de Nevanlinna :

Si la somme $\Sigma(1/l_n)$ diverge, la surface est du type parabolique.

3. Soit sur F donnée une métrique conforme $dr = \alpha\, dt$ (t paramètre local), pour laquelle chaque point de F est à une distance infinie de la frontière de F. Étant donné un point fixe P de F, soit $\gamma(\rho)$ l'ensemble de points à distance ρ de P et $L(\rho)$ la longueur de $\gamma(\rho)$, dans la métrique donnée. Choisissons pour les frontières γ_n d'une exhaustion F_n de F les courbes $\gamma(n)$. Si F_ρ est le domaine limité par $\gamma(\rho)$, on a pour $n \leq \rho \leq n + 1$, en employant les notations du n° 1,

$$4\pi^2 = \left(\int_{\gamma(\rho)} dg\right)^2 \leq \left(\int_{\gamma(\,)} \left|\frac{ds}{dt}\right| |dt|\right)^2 \leq \frac{dD(s, F_\rho)}{d\rho} L(\rho).$$

(⁵) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A. I, n° 50, 1949, p. 27.

Par intégration de n à $n+1$ et addition de $n=1$ à $n=\infty$, nous obtenons, d'après le théorème du n° 1, le théorème de Laasonen, démontré en premier lieu, pour les surfaces simplement connexes, par Ahlfors :

Si l'intégrale $\int^{\infty}\frac{d\rho}{L(\rho)}$ *diverge, la surface est du type parabolique.*

4. Considérons enfin sur G l'existence de fonctions A_0D, analytiques uniformes non constantes, dont la partie réelle s'annule sur γ_0. Avec les notations du n° 2, posons $\mu_n=\min\mu_{ni}$.

Si le produit $\Pi\mu_n$ *diverge, il n'existe dans G aucune fonction* A_0D.

Démonstration. — Soit $w=u+iv$ une fonction A_0D. Nous avons, en désignant par β_i les courbes de niveau $x_i=k(0\leqq k\leqq\log\mu_n)$, par F^k le domaine limité par γ_0 et les β_i, et par u_i la valeur de u en un point arbitrairement fixé de β_i,

$$D(w,\,F^k)=\sum_i\int_{\beta_i}(u-u_i)dv\leqq\sum_i\left(\int_{\beta_i}\left|\frac{dv}{dy_i}\right|dy_i\right)^2\leqq 2\pi\,\frac{dD(w,\,F^k)}{dk}.$$

Comme, pour $k=\log\mu_n$, $F^k\subset F_{n+1}$, on a $(\log\mu_n)/2\pi\leqq\log(D_{n+1}/D_n)$, d'où la proposition.

La même démonstration vaut aussi pour le théorème 1 de notre thèse [5] qui se prouve ainsi plus rapidement.

GÉOMÉTRIE. — *Sphères associées à un polygone gauche dont les sommets sont cosphériques.* Note de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Ed. Lucas a énoncé cette proposition [1] :

Si dans un polygone inscrit d'un nombre pair de côtés, le produit des côtés de rang pair est égal à celui des côtés de rang impair, on peut inscrire une couronne de cercles tangents, consécutifs et tangents au cercle circonscrit aux sommets du polygone, quel que soit le premier cercle,

que l'on peut étendre de la manière suivante à un polygone gauche.

Théorème. — *Si un polygone gauche d'un nombre pair de côtés, inscrit à une sphère, est tel que le produit des côtés de rang pair est égal à celui des côtés de rang impair, on peut inscrire et circonscrire une couronne de sphères tangentes, consécutives et tangentes à la sphère aux sommets du polygone, quelle que soit la première sphère.*

Soient $(P)\equiv A_1,\,A_2,\,\ldots,\,A_{2n}$ le polygone donné, inscrit à une sphère (O, R), pour lequel on a, par hypothèse,

$$(1)\qquad A_2A_3.A_4A_5.\;\ldots\;.A_{2n}A_1=A_1A_2.A_3A_4.\;\ldots\;.A_{2n-1}A_{2n};$$

(1) En signalant ce théorème à E. Lemoine, l'auteur s'exprimait ainsi : « J'ai trouvé ces jours-ci un théorème qui peut être considéré comme fort difficile si l'on ne prend le droit sentier qui y conduit ». (*Mathesis*, 2e série, 2, 1892, p. 264.)

(O_1, R_1) la sphère tangente en A_1 à (O). On construit successivement les sphères (O_2, R_2), ..., (O_{2n}, R_{2n}) de manière que chacune d'elles soit tangente à la précédente et à la sphère (O, R) au sommet correspondant de (P). Il est évident que les sphères (O_1), (O_2), ..., (O_{2n}) sont *toutes* intérieures ou extérieures à (O).

D'autre part, il est clair que les points de contact A_k et A_{k+1} $(1 \leqq k \leqq 2n-1)$, sont l'un des points de contact d'un des cercles tritangents du triangle $O\,O_k\,O_{k+1}$. Par suite, R_k, R_{k+1} et O désignant les rayons des sphères (O_k), (O_{k+1}) et l'angle au sommet du triangle isocèle $O\,O_k\,O_{k+1}$.

$$\sin^2 O = \frac{R_k R_{k+1}}{(R \pm R_k)(R \pm R_{k+1})},$$

suivant que les sphères (O_k), (O_{k+1}) sont intérieures ou extérieures à (O). Donc

$$\overline{A_k A_{k+1}}^2 = 4R^2 \frac{R_k R_{k+1}}{(R \pm R_k)(R \pm R_{k+1})}, \tag{2}$$

et, d'après (1),

$$\overline{A_1 A_{2n}}^2 = 4R^2 \frac{R_1 R_{2n}}{(R \pm R_1)(R \pm R_{2n})}, \qquad \sin^2 \frac{A_1 O A_{2n}}{2} = \frac{R_1 R_{2n}}{(R \pm R_1)(R \pm R_{2n})}.$$

La supposition que le cercle tritangent considéré du triangle $O_1 O O_{2n}$ touche OO_1, OO_{2n} en M_1, M_{2n} conduirait à l'égalité

$$OA_1 . OA_{2n} = R_1 . R_{2n} = O_1 M_1 . O_{2n} M_{2n},$$

ce qui est impossible et $M_1 \equiv A_1$, $M_{2n} \equiv A_{2n}$; les sphères (O_1) et (O_{2n}) sont donc tangentes. Réciproquement, si (O_1), (O_2), ..., (O_{2n}) sont tangentes, leurs points de contact A_1, ..., A_{2n} avec (O) sont les sommets d'un polygone (P), en vertu des égalités de la forme (2).

N. B. — L'égalité (1) ne change pas dans l'inversion, ce qui permet de construire (P) connaissant (O) et un sommet.

2. Si les sphères (O_2), ..., (O_{2n}) sont tangentes et touchent, à la fois, les sphères (O) et (O_1), une inversion (A_1, k) les transforme en des sphères tangentes, égales entre elles, qui touchent les plans (Q), (Q_1) transformés de (O), (O_1). Ceci permet une construction très simple des sphères (O_2), ..., (O_{2n}), et de donner les expressions

$$R_2 = \frac{abR}{2aR \pm ab} = \frac{bdR}{2eR \pm bd} = \frac{cdR}{2b'R \pm cd} = \ldots, \qquad R_3 = \frac{caR}{2aR \pm ca} = \ldots,$$

des rayons de ces sphères, en posant

$$A_2A_3 = a, \quad A_1A_2 = b, \quad A_1A_3 = c, \quad A_1A_4 = d, \quad A_2A_4 = e, \quad A_3A_4 = b', \quad \ldots.$$

Il en résulte aussi que *les sphères* (Ok) *de la couronne extérieure sont les trans-*

formées de celles de la couronne intérieure par l'inversion (O, R^2) et que *les* $2n$-3 *tétraèdres* $A_1 A_2 A_3 A_4$, $A_1 A_3 A_4 A_5$, ..., *sont isodynamiques*.

Enfin, si $n=2$, on retrouve les sphères d'un tétraèdre *isodynamique* que nous avons signalées pour la première fois en 1935 et auxquelles nous avons attaché le nom d'Ed. Lucas ([2]).

3. Tout ce qui précède s'étend aux sphères (O_1), ..., O_{2n}) qui, au lieu d'être tangentes, se coupent sous un même angle.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la résolution de l'équation radiale des atomes hydrogénoïdes.* Note (*) de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

La méthode proposée nous paraît plus commode que la méthode des polynomes de Sommerfeld et s'harmonise mieux avec les raisonnements généraux de la mécanique ondulatoire.

Quand $E<0$, si l'on pose

$$\alpha=\frac{2\pi}{h}\sqrt{-2mE},\qquad n=\frac{4\pi^2 mZe^2}{\alpha h^2},\qquad \rho=2\alpha r,\qquad S(r)=rR(r),$$

on a l'équation radiale

$$\rho\left[\frac{1}{4}+\frac{l(l+1)}{\rho^2}-\frac{d^2}{d\rho^2}\right]S_{n,l}=nS_{n,l}. \tag{1}$$

Introduisons les opérateurs

$$A(a)=\left[\frac{1}{2}-\frac{a}{\rho}-\frac{d}{d\rho}\right],\qquad B(b)=\left[\frac{1}{2}-\frac{b}{\rho}+\frac{d}{d\rho}\right].$$

On vérifie aisément que l'on a entre ces opérateurs les relations

$$\begin{cases}\rho^k A(a)=A(a-k)\rho^k, & A(a)A(a')=A(a'+1)A(a-1);\\ \rho^k B(b)=B(b+k)\rho^k, & B(b)B(b')=B(b'-1)B(b+1);\\ \multicolumn{2}{c}{A(a)B(b)-B(b)A(a)=-\dfrac{a+b}{\rho^2}.}\end{cases} \tag{2}$$

En particulier $A(a)$ et $B(-a)$ commutent entre eux. On notera que $A(a)$ et $B(a)$ sont des opérateurs adjoints.

Avec ces opérateurs (1) prend la forme

$$\rho A(l+1)B(l+1)S_{n,l}=(n-l-1)S_{n,l}. \tag{3}$$

([2]) *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, 55, p. 123. En réalité, les cercles de Lucas d'un triangle n'appartiennent pas à ce géomètre. On les rencontre, en effet, pour la première fois dans le *Journal de* Vuibert, 3, 1879, p. 92, sans nom d'auteur.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

Multiplions (3) par $S^{\star}_{n,l}\,\rho^{-1}$ et sommons de o à $+\infty$. Comme $A(l+1)$ est l'adjoint de $B(l+1)$ on peut écrire

$$\int_0^{\infty}[B(l+1)S_{n,l}]^{\star}[B(l+1)S_{n,l}]\,d\rho=(n-l-1)\int_0^{\infty}\rho^{-1}S^{\star}_{n,l}S_{n,l}\,d\rho;$$

comme les intégrales sont toujours positives ou nulles on en déduit que l'on doit avoir $n\geqq l+1$. Voyons si la valeur $n=l+1$ peut convenir; (3) se réduit alors à

$$B(l+1)S_{l+1}=0,\qquad\text{qui donne}\quad S_{l+1,l}=\rho^{l+1}e^{-\frac{\rho}{2}}.$$

Cette fonction s'annule aux limites o, ∞, est partout finie et continue; elle convient donc pour une fonction d'onde. La plus petite valeur de la constante n est donc le nombre entier $(l+1)$.

L'équation (1) peut s'écrire de 3 autres manières, soit

$$(4)\qquad \rho B(l)A(l)S_{n,l}=(n-l)S_{n,l},$$

$$(5)\qquad \rho B[-(l+1)]A[-(l+1)]S_{n,l}=(n+l+1)S_{n,l},$$

$$(6)\qquad \rho A(-l)B(-l)S_{n,l}=(n+l)S_{n,l}.$$

Mais on ne peut recommencer, sur ces équations, le raisonnement qui nous a conduit à $n\geqq l+1$, car lorsque les seconds membres sont nuls elle admettent respectivement les solutions

$$\rho^{-l}e^{+\frac{\rho}{2}},\qquad \rho^{l+1}e^{+\frac{\rho}{2}},\qquad \rho^{-l}e^{-\frac{\rho}{2}},$$

qui ne peuvent constituer des fonctions d'ondes.

Appliquons à (4) l'opérateur $\rho A(-l)A(l)$. En vertu des relations (2) on peut écrire successivement

$$(7)\qquad\left\{\begin{aligned}(n-l)\underbrace{\rho A(-l)A(l)S_{n,l}}&=\rho A(l+1)A(-l-1)\rho B(l)A(l)S_{n,l},\\&=\rho A(l+1)\rho A(-l)B(l)A(l)S_{n,l},\\&=\rho A(l+1)\rho B(l)A(-l)A(l)S_{n,l},\\&=\rho A(l+1)B(l+1)\underbrace{\rho A(-l)A(l)S_{n,l}}.\end{aligned}\right.$$

D'autre part, si l'on remplace n par $(n+1)$ dans (3) on a

$$(8)\qquad (n-l)S_{n+1,l}=\rho A(l+1)B(l+1)S_{n+1,l}.$$

En comparant (7) et (8) on en conclut que $\rho A(-l)A(l)S_{n,l}$ est une fonction propre correspondant à la valeur propre $(n+1)$. On peut donc écrire à un facteur de normalisation près

$$(9)\qquad S_{n+1,l}=\rho A(-l)A(l)S_{n,l}.$$

En développant l'opérateur et en tenant compte de (1) on trouve que (9) peut encore s'écrire

$$(10)\qquad S_{n+1,l}=\rho A(n)S_{n,l}.$$

Pour une valeur de l, la constante n prend donc la suite des valeurs entières $l+1, l+2, l+3, \ldots, \infty$. Pour une valeur donnée de n on a $l=0, 1, 2, \ldots (n-1)$. Comme la fonction $S_{l+1,l}$ est connue on aura toutes les autres fonctions en appliquant successivement les formules (9) ou (10). Pour le calcul de toutes les valeurs moyennes les relations (9) ou (10) sont beaucoup plus commodes que les formes polynomiales obtenues par la méthode de Sommerfeld.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Principe de décomposition spectrale et valeurs moyennes en mécanique ondulatoire du photon.* Note de M. **Serge Slansky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour appliquer le principe de décomposition spectrale dans la mécanique ondulatoire du photon de M. Louis de Broglie [1], on admet généralement que les fonctions propres intervenant dans le développement spectral doivent être normées en $\frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2}$ c'est-à-dire satisfaire à des relations de la forme

$$(1) \qquad \int \varphi_n^\star \frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2} \varphi_n \, d\tau = 1 \qquad (d\tau = dx\,dy\,dz).$$

D'autre part, pour des grandeurs dont l'opérateur F est la somme d'un opérateur $F^{(1)}$ qui n'agit que sur le premier indice des composantes Φ_{ik} de la fonction d'ondes Φ et d'un opérateur $F^{(2)}$ qui n'agit que sur le second, les valeurs moyennes sont calculées par la formule

$$(2) \qquad \overline{F} = \int \Phi^\star \left(\frac{F^{(1)}\mathcal{B}_4 + F^{(2)}\mathcal{A}_4}{2} \right) \Phi \, d\tau.$$

Dans certains cas, l'application du principe de décomposition spectrale avec la formule de normalisation (1) conduit à des résultats qui ne sont pas exactement les mêmes que ceux que nous pourrions déduire de la formule (2). Par exemple, si $F = \mathcal{A}_4 + \mathcal{B}_4$, nous trouvons d'après la formule (1) une densité de valeur moyenne de la forme $\Phi^\star\left(1+\frac{\mathcal{A}_4\mathcal{B}_4}{2}\right)\Phi$, tandis que la formule (2) conduirait plutôt à $\Phi^\star \mathcal{A}_4 \mathcal{B}_4 \Phi$

Certaines considérations d'invariance relativiste nous font penser que, physiquement, l'expression la plus adéquate serait la seconde. La formule (2) aurait donc une validité plus générale que la formule (1). Pour que l'expression (2) de la valeur moyenne soit en accord avec le principe de décomposition spectrale, il suffirait d'admettre que les fonctions propres de $F^{(1)}$ sont normées en $\mathcal{B}_4$ tandis que celles de $F^{(2)}$ sont normées en $\mathcal{A}_4$. Si l'on admet un tel procédé, il paraît difficile d'attribuer dans tous les cas le sens physique d'une densité de probabilité de présence à l'expression

---

(1) *Une nouvelle théorie de la lumière*, Paris, 1940.

$\Phi^*[(\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4)/2]\Phi$. Cependant, on peut noter que dans le cas d'une onde plane monochromatique, les expressions $\Phi^*\mathcal{A}_4\Phi$, $\Phi^*\mathcal{B}_4\Phi$, et $\Phi^*[(\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4)/2]\Phi$ sont équivalentes, et qu'en général elles donnent la même intégrale si Φ satisfait les équations d'ondes du photon, par suite de la relation

$$\int \Phi^* \frac{\mathcal{A}_4-\mathcal{B}_4}{2}\Phi\, d\tau = 0.$$

Il y aurait donc une certaine indétermination sur la densité de probabilité de présence du photon. Toutefois, ceci ne paraît pas introduire de difficultés nouvelles dans la théorie, car dans le cas de l'onde plane monochromatique les diverses expressions que l'on peut donner de cette densité sont équivalentes, et dans le cas général ces expressions n'étant pas définies positives n'ont plus un sens physique direct et servent seulement à définir la normalisation des ondes.

Pour l'application du principe de décomposition spectrale, l'introduction de deux sortes de normalisations pour les fonctions propres pourrait s'expliquer par le fait que le photon étant en réalité une particule complexe, la contraction de Lorentz qui intervient dans sa structure interne se manifeste dans les résultats de mesures par un terme correctif qui peut dépendre de la grandeur considérée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les équations de la théorie des champs spinoriels non localisables* Note (*) de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie des champs spinoriels non localisables ([1]), ([2]), ([3]) envisage les champs comme grandeurs qui dépendent à la fois des opérateurs de positions x^ν et des opérateurs de déplacement p^μ. Mais tandis que l'établissement des équations relativistes, auxquelles obéit un champ non localisable scalaire, ne semble se heurter à aucune difficulté, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de champs spinoriels ([2]), et celles, que vient proposer Yukawa encore tout récemment, ne nous semblent guère entièrement satisfaisantes et ceci pour deux raisons suivantes.

En premier lieu, comme nous l'avons montré dans notre Note précédente ([3]), les équations de la théorie scalaire admettent, comme solutions particulières, des expressions de la forme $\Omega(x,p)=\xi(x)\pi(p)$, où $\xi(x)$, et $\pi(p)$ sont certaines solutions de la mécanique ondulatoire ordinaire et de la mécanique ondula-

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) H. Yukawa, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 300.

([2]) H. Yukawa, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1731.

([3]) B. Kwal, *romptes Rendus*, 230, 1950, p. 184.

tion réciproque, respectivement, de sorte que, l'introduction du spin peut, *a priori*, se faire indépendamment et d'une manière différente dans l'espace des x et dans celui des p.

En second lieu, si nous sommes d'accord que l'on puisse écrire à la place des équations de Dirac, les équations suivantes :

$$(1) \qquad [p_\mu, \gamma^\mu \Omega] + imc\Omega = 0 \quad (^4), \qquad [A, B] = AB - BA,$$

$$(1') \qquad \gamma^\mu \gamma^\nu + \gamma^\nu \gamma^\mu = 2\,\delta^{\mu\nu},$$

nous pensons que lorsqu'il s'agit des équations réciproques, faisant intervenir un opérateur x^μ du genre *espace* et non du genre *temps*, comme l'est p^μ, des précautions spéciales doivent êtres prises pour établir la forme des équations d'onde correspondantes.

Mais tout d'abord, on vérifie aisément que le système (1) est compatible avec le système

$$(2) \qquad \big[x_\mu, [x^\mu, \Omega]\big] - \lambda^2\Omega = 0, \qquad \big[x_\mu, [p^\mu, \Omega]\big] \equiv \big[p^\mu, [x_\mu, \Omega]\big] \equiv 0,$$

c'est-à-dire, qu'on peut envisager une particule ayant un spin dans l'espace des x, mais non dans l'espace des p.

D'autre part, lorsque l'opérateur x^μ est du genre *temps*, l'équation

$$(3) \qquad [x^\mu, \gamma_\mu \Omega] + i\lambda\Omega = 0$$

peut être rendue compatible avec l'équation (1). En effet, cette compatibilité exige que l'on ait

$$\gamma_\nu \gamma^\mu \big[x^\nu, [p_\mu, \Omega]\big] = \gamma^\mu \gamma_\nu \big[p_\mu, [x^\nu, \Omega]\big]$$

et comme les expressions entre crochets sont égales, on doit avoir, en vertu de la relation (1′), comme condition de compatibilité

$$(4) \qquad \big[p_\mu [x^\nu, \Omega]\big] - \big[p^\nu, [x_\mu, \Omega]\big] = 0.$$

Dans la représentation où les x sont diagonaux et en posant $X = (x' + x'')/2$ et $r = x'' - x'$, les équations (1), (3) et (4) montrent que l'on a, dans le référentiel au repos, $r_1 = r_2 = r_3 = 0$, $r_4 = i\lambda$, et que les solutions $U(X, r)$ ne sont différentes de zéro qu'à l'extrémité d'un intervalle de temps $\tau = \lambda/C$.

Si de telles solutions peuvent convenir à la théorie des corpuscules éphémères, pour lesquels la donnée de durée de vie propre jouerait le rôle analogue à celle d'un rayon fini d'un corpuscule stable, c'est un problème que nous allons pour le moment laisser de côté.

---

(4) Dans cette équation on sous-entend que tous les opérateurs agissent sur des fonctions $f(x)$ de l'espace des x [et sur des fonctions $g(p)$ de l'espace des p]. On vérifie que lorsque le champ Ω ne dépend pas de p et se réduit donc à $\Psi(x)$, cette dernière grandeur satisfait à l'équation ordinaire de Dirac, d'où la fonction $f(x)$ s'élimine. On trouve, en effet, dans ce cas $f(x)\,(\gamma^\mu p_\mu \Psi + imc\Psi) = 0$.

Reste la question de savoir de quelle manière on doit écrire les équations d'onde, relatives à l'opérateur x^μ, lorsque celui-ci est un vecteur du genre *espace*.

Pour y répondre, nous allons nous servir d'une règle, que nous avons établie en 1936 ([5]), selon laquelle *les équations de Dirac s'obtiennent de la représentation cayléenne de la transformation de Lorentz, appliquée au quadrivecteur quantité de mouvement-énergie* $PS = S^\star P'$ *en considérant le passage du référentiel de l'observateur au référentiel propre du corpuscule* $P' = (0, 0, 0, imc)$, *et en remplaçant les composantes* P_ν *par les opérateurs quantiques* $(i/\hbar)\,\partial_\nu$

$$(5)\qquad PS = imc\,S^\star.$$

En étendant la même règle au vecteur du genre espace x^μ, qui, dans le référentiel propre est représenté par un vecteur $r_k (k = 1, 2, 3)$ tel que $r_k r^k = \lambda^2$, la formule de Cayley nous donne :

$$(6)\qquad XS = S^\star R, \qquad R = (r_1, r_2, r_3, 0).$$

Mais, les transformations algébriques qui permettent de donner aux équations (5) la forme simple de Dirac, ne réussissent plus dans le cas de l'équation (6), où interviennent à la fois les fonctions Ψ de Dirac et leurs complexes conjuguées. On peut alors introduire une représentation à 8 lignes et à 8 colonnes, relative à une fonction $\Psi\,(\psi, \psi^\star)$ ou, ce qui revient au même, relative à une grandeur demi-vectorielle réelle à 8 composantes ([6]).

Les équations (6) et leurs complexes conjuguées s'écrivent alors :

$$(7)\qquad (\Gamma^\mu x_\mu - r_k \Gamma'^k)\Psi = 0, \qquad r_k r^k = \lambda^2 \qquad (\mu = 1, 2, 3, 4;\ k = 1, 2, 3),$$

Γ^μ et Γ'^k étant deux systèmes de matrices de Dirac de rang 8, qui commutent entre eux.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs. I. Application au champ électrique.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le problème de l'interaction particules-champs et la question connexe des énergies propres ont été renouvelés par les récentes recherches de M. L. de Broglie ([1]). Partant de notre théorie unitaire ([2]), nous avons pu établir une

([5]) B. Kwal, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 983; *Journal de Physique*, **8**, 1937, p. 81.

([6]) B. Kwal, *Journal de Physique*, **7**, 1936, p. 223.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 157, 269, 401; *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 862; *Portugaliae Mathematica*, **8**, 1949, p. 37-58.

([2]) *Portugaliae Physica*, **2**, 1946, p. 1-98; *Portugaliae Mathematica*, **5**, 1946, p. 145-192; *ibid.*, **6**, 1947, p. 67-114; *ibid.*, **7**, 1948, p. 1-44; *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 764-768; *J. Phys. Rad.*, **10**, 1949, p. 240-249.

méthode de quantification des champs métriques qui conduit simplement aux nouveaux potentiels de M. de Broglie et permet, croyons-nous, de préciser les propriétés des particules et des forces électromagnétiques et nucléaires.

1. Soit une particule isolée dont le mouvement *moyen* est nul dans un référentiel x^i. Ses états quantiques peuvent être divisés en deux classes: 1° celle où les transitions entre états s'accompagnent toujours de l'émission ou de l'absorption de rayonnement (électromagnétique et gravifique) par la particule; 2° celle où les transitions correspondantes ne s'accompagnent pas de rayonnement. Soient T_{ik}, U_{ik} les tenseurs de densité d'énergie-impulsion matérielle et électrique; g_{ik}, ω_{ik} les tenseurs métriques interne et externe de l'espace-temps; $T = g^{ik}T_{ik}$ et $U = \omega^{ik}U_{ik}$ (avec $\omega^{ij}\omega_{jk} = \delta^i_k$). Associons la quantification des g_{ik} et ω_{ik} de la particule à la quantification de ses T_{ik} et U_{ik} par les relations

$$T_{ik}^{(lm)} = \frac{1}{4} T^{(l)} g_{ik}^{(lm)} \qquad U_{ik}^{(lm)} = \frac{1}{4} U^{(l)} \omega_{ik}^{(lm)}, \tag{1}$$

avec $l=1$ pour les états sans rayonnement et $l=2$ pour les états de rayonnement; de plus, l'indice m sert à distinguer les états quantiques de chacune des deux classes $l=1$ et $l=2$. Les relations (1) expriment l'hypothèse fondamentale de notre méthode de quantification du champ métrique (d'une particule).

La linéarisation des équations du champ métrique interne et externe, pour les champs faibles, donne (²)

$$\begin{cases} \square\, g_{ik} = -\dfrac{16\pi K}{c^2}\left(T_{ik} - \dfrac{1}{2} T g_{ik}\right) - \lambda_g g_{ik}, \\ \square\, \omega_{ik} = -\left\{\dfrac{16\pi K_\omega}{c^2}\left(U_{ik} - \dfrac{1}{2} U \omega_{ik}\right) + \lambda_\omega \omega_{ik}\right\}\chi_0, \end{cases} \tag{2}$$

($\square$ dalembertien; K, K_ω constantes de la gravitation et de l'électricité; λ_g, λ_ω constantes cosmologiques gravifique et électrique; χ_0 courbure moyenne de l'hypersphère de De Sitter la plus proche du domaine d'espace-temps considéré). Les relations (1) donnent donc

$$\square\, g_{ik}^{(lm)} = \left(\frac{4\pi K}{c^2} T^{(l)} - \lambda_g\right) g_{ik}^{(lm)}; \qquad \square\, \omega_{ik}^{(lm)} = \chi_0\left(\frac{4\pi K_\omega}{c^2} U^{(l)} - \lambda_\omega\right)\omega_{ik}^{(lm)}. \tag{3 a, b}$$

2. En cherchant pour les $\omega_{44}^{(lm)}$ des solutions de la forme $\omega_{44}^{(lm)}(r)$ (r distance spatiale à la particule), on obtient

$$\Delta\omega_{44}^{(lm)} = \eta_l^2 \omega_{44}^{(lm)}; \qquad \eta_l^2 = \chi_0\left(\frac{4\pi K_\omega}{c^2} U^{(l)} - \lambda_\omega\right). \tag{4}$$

Désignons par $\langle\omega_{44}\rangle$ la valeur observable, c'est-à-dire la moyenne quantique

$$\langle\omega_{44}\rangle = \sum_l \sum_m c_{lm}^2 \omega_{44}^{(lm)} + (\omega_{44})_{r\to\infty}, \tag{5}$$

de ω_{44}, les c_{lm}^2 étant les probabilités des différents états. Des solutions sphériques

de (4) et des conditions : 1° $\langle\omega_{44}\rangle \to \chi_0$ pour $r \to \infty$; 2° $\langle\omega_{44}\rangle$ fini pour $r \to 0$, on déduit facilement

$$\langle\omega_{44}\rangle = \chi_0 + \mu_\omega \left(\frac{e^{-\eta_1 r} - e^{-\eta_2 r}}{r}\right), \tag{6}$$

μ_ω étant donné par

$$\mu_\omega = \sum_m c_{1m}^2 a_{1m} = -\sum_m c_{2m}^2 a_{2m},$$

[a_{lm} coefficients constants des solutions de (4)].

3. D'après notre théorie unitaire ([2]), le champ électromagnétique F_{ik} est donné par

$$F_{ik} = \frac{\partial A_i}{\partial x^k} - \frac{\partial A_k}{\partial x^i}, \tag{7}$$

le potentiel scalaire $V \equiv A_4$ et le potentiel vecteur A_i ayant les valeurs

$$V = \frac{(m_0)_e c^2}{2e\chi_0}[\langle\omega_{44}\rangle - \chi_0]; \qquad A_i = -\frac{(m_0)_e c^2}{e\chi_0}\langle\omega_{4i}\rangle, \tag{8}$$

[$(m_0)_e$ et e désignant la masse propre et la charge de l'électron]. De (6) on déduit donc

$$V = \left[\frac{(m_0)_e c^2}{2e\chi_0}\mu_\omega\right]\frac{e^{-\eta_1 r} - e^{-\eta_2 r}}{r}. \tag{9}$$

Le potentiel V est identique au nouveau potentiel de M. de Broglie ([1]), la charge ε étant donnée par $(m_0)_e c^2 \mu_\omega / 2e\chi_0$. Ce potentiel est d'ailleurs la différence d'un potentiel quasi coulombien et d'un potentiel de Yukawa. En effet, les états sans rayonnement ($l = 1$) sont évidemment caractérisés par $\square\,\omega_{ik}^{(lm)} \simeq 0$ (absence de sources de rayonnement), ce qui correspond à $\eta_1 \simeq 0$, par suite de (3b) et (4). La condition $\eta_1 \simeq 0$ signifie, comme on sait ([3]), que la masse propre du photon est voisine de zéro.

MAGNÉTISME. — *Les coefficients de champ moléculaire des ferrites mixtes de nickel et de zinc.* Note (*) de MM. **Louis Néel** et **Pierre Brochet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié, au-dessus du point de Curie, la susceptibilité magnétique d'une série de ferrites mixtes de nickel et de zinc, par la méthode d'attraction dans un champ non uniforme, avec une balance de translation du type Foëx et Forrer ([1]). Les différents étalonnages ont été effectués par comparaison avec

---

([3]) L. de Broglie, *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Chap. V.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) *J. de Physique et Radium*, 7, 1926, p. 180.

un échantillon de nickel pur étudié avec une grande précision par M. Fallot. Quelques-uns des résultats sont donnés dans le tableau I. Les susceptibilités moléculaires χ_M sont rapportées à la molécule Fe_2O_3, xNiO, $(1-x)$ZnO et les points ont été reportés dans l'ordre où ils ont été obtenus.

Tableau I.

$x = 1,00$.		$x = 0,80$.		$x = 0,40$.		$x = 0,30$.	
t°C.	$1:\chi_M$.	t°C.	$1:\chi_M$.	t°C.	$1:\chi_M$.	t°C.	$1:\chi_M$.
698,3	196,5	670,8	175,8	432,7	80,8	462,8	91,2
790,2	232,9	776,0	206,2	575,2	130,7	620,5	127,8
896,5	251,6	864,5	225,6	717,1	166,6	376,6	65,0
993,2	263,4	968,7	243,6	810,2	186,8	320,1	45,7
947,1	257,8	1010,4	249,0	925,0	209,0	254,7	23,2
847,3	243,6	603,7	147,6	1036,1	226,8	210,5	11,2
716,7	206,2	489,6	46,3	976,0	217,9	743,5	152,5
625,3	105,0	486,1	40,5	668,8	155,6	869,5	176,2
610,2	52,0	476,1	27,5	499,1	106,8	976,6	195,1
649,9	150,3	539,7	100,8	394,5	62,7	298,7	36,5
621,9	93,1	924,0	235,7	327,7	30,3	407,0	75,1
608,3	38,8	730,0	195,9	875,2	198,1	532,5	109,2
755,0	221,0	988,4	245,7				

Nous avons essayé de représenter ces résultats par une formule de type hyperbolique

$$\frac{1}{\chi_M} = \frac{T}{C} + \frac{1}{\chi_0} - \frac{\sigma}{T-\theta}, \tag{1}$$

suggérée antérieurement par l'un de nous dans un Mémoire [2] que nous désignerons ultérieurement par la référence F et dont nous utiliserons les notations. Comme constante de Curie C, nous choisissons la valeur correspondant à tous les ions Fe et Ni contenus dans une molécule-gramme, mais en négligeant le moment orbital. La méthode de détermination de χ_0, σ et θ a déjà été décrite antérieurement (F, § 26). Le Tableau II rassemble les résultats obtenus. Avec ces valeurs, la formule (1) représente les résultats expérimentaux à 3 °/₀₀ près, sauf au voisinage du point de Curie, où interviennent les fluctuations du champ moléculaire.

Tableau II.

x.	C.	$\frac{1}{\chi_0}$.	σ.	θ°K.	n.	α.	β.
1,00.........	9,76	139,6	1820	950	240	−0,209	−0,148
0,80.........	9,56	139,7	14200	713	235	−0,475	−0,161
0,40.........	9,16	141,7	59000	279	284	−1,16	−0,149
0,30.........	9,06	171,2	207000	−565	413	−3,08	−0,139

(2) L. Néel, *Ann. de Physique*, 3, 1948, p. 137.

A l'aide de ces données et en supposant que tous les ions Zn occupent des sites tétraèdriques A et tous les ions Ni des sites octaèdriques B, nous avons calculé les trois coefficients de champ moléculaire n, α et β qui caractérisent en première approximation un ferrite (F, § 31). Parmi les deux jeux possibles de solutions, nous avons choisi celui qui permet la meilleure représentation de la variation thermique de l'aimantation spontanée : nous avons utilisé pour cela les mesures de C. Guillaud [3]. Les trois dernières colonnes du Tableau II indiquent les résultats obtenus.

Rappelons qu'en désignant par $\overrightarrow{M}_a$ et $\overrightarrow{M}_b$ les aimantations, par molécule-gramme, des ions placés sur les sites A et les sites B, les champs moléculaires agissant sur les sites A et les sites B sont alors respectivement égaux à $+n\alpha\overrightarrow{M}_a - n\overrightarrow{M}_b$ et à $+n\beta\overrightarrow{M}_b - n\overrightarrow{M}_a$. Le Tableau II met en évidence un fait intéressant : les valeurs de n et de β varient peu tant que la proportion de ZnO n'atteint pas 0,7. Les interactions AB et BB ne dépendent donc pas beaucoup de la concentration. Au contraire, le coefficient α, relatif aux interactions AA, croît rapidement avec la proportion de ZnO. On serait tenté d'en conclure que la présence d'ions Zn sur les sites A augmente beaucoup les interactions négatives entre les ions Fe placés sur ces mêmes sites et que cette augmentation provient d'un mécanisme de super-échange du type Fe-Zn-Fe. Il convient toutefois d'être prudent et de confirmer auparavant ce résultat par l'étude d'autres ferrites mixtes. Il ne faut pas oublier non plus que l'approximation du champ moléculaire devient mauvaise, tout au moins aux températures basses et moyennes, quand la proportion des atomes de zinc devient grande, par suite de l'importance toujours accrue des fluctuations dues au petit nombre des sites A occupés par des atomes magnétiques.

MAGNÉTISME. — *Sur la décroissance des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme des terres cuites par réchauffements successifs à températures croissantes.* Note de Mlle **Juliette Roquet**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans une Note précédente [1] j'ai étudié la variation des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme d'un cylindre d'argile cuite en fonction du champ magnétisant. Les résultats qui vont être exposés concernent l'évolution des mêmes aimantations par réchauffements progressifs.

Aimantation thermorémanente (A. T. R.) — La terre cuite C_{36}, portant une A. T. R. initiale : σ_{675,t_0} acquise par refroidissement de 675° à t_0 en champ H,

(3) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1133.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1135-1137.

est réchauffée jusqu'à une température t, puis maintenue à cette température pendant une demi-heure et refroidie jusqu'à la température ordinaire, en champ nul. On mesure l'A. T. R. restante σ'_t. Les essais sont répétés pour des températures croissantes jusqu'à disparition complète de l'A. T. R. qui a lieu à 675°, point de Curie supérieur de l'échantillon.

Les trois courbes de la figure I donnent les valeurs de σ'_t en fonction de t. Elles correspondent à des aimantations initiales

$\sigma_{675,20} = 9,8.10^{-4}$ u. e. m., champ magnétisant initial $H = 17\Gamma$,
$\sigma_{675,66} = 26,3.10^{-4}$ u. e. m., » $H = 119\Gamma$,
$\sigma_{675,90} = 57,4.10^{-4}$ u. e. m., » $H = 7700\Gamma$.

Les températures de fin d'action du champ magnétisant ayant provoqué l'aimantation étudiée sont différentes dans les trois séries d'expériences. Les deux premières aimantations ont eu lieu dans le four habituel (²), mais, pour le champ de 119Γ, la bobine de champ chauffait trop pour qu'il fût possible de

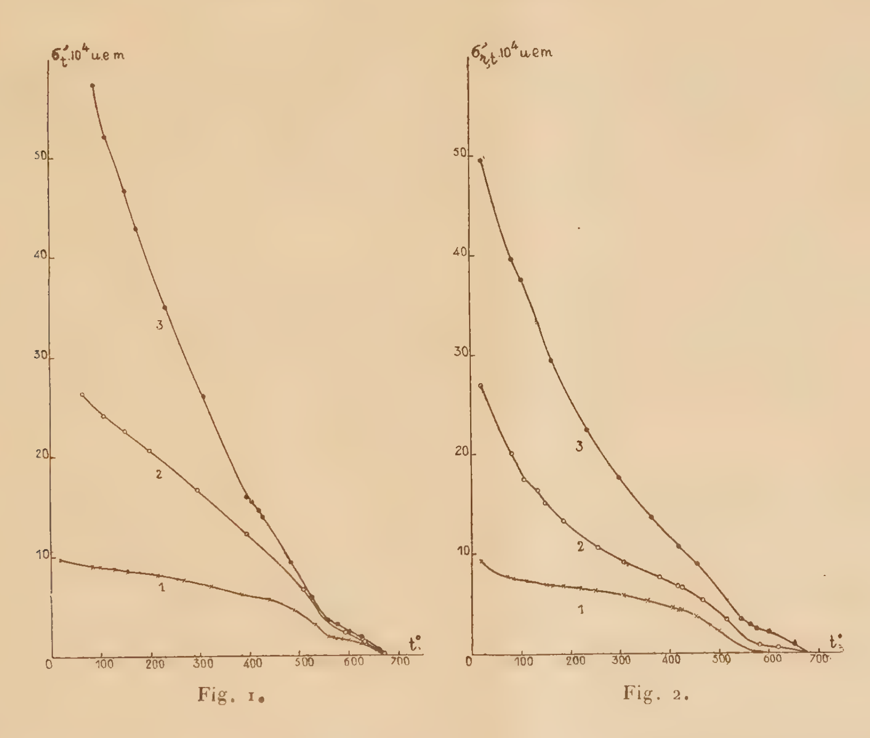


Fig. 1. Fig. 2.

descendre au-dessous de 66°. Dans la troisième expérience faite à Bellevue (¹), la température de 90° a dû être adoptée afin de limiter la consommation d'énergie électrique. Rappelons d'ailleurs (²) que $\sigma_{675,t} = \sigma'_t$, ce qui permettrait de déduire aisément, d'après les courbes de la figure I, les trois valeurs de

(²) *Thèse* E. Thellier, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 1938, et *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, 16, 1938, p. 156-302.

$\sigma_{675,90}$ pour les deux premières séries d'expériences, si l'on voulait comparer des aimantations acquises dans le même intervalle de température.

Aimantation rémanente isotherme (*A. R. I.*). — Le procédé de désaimantation par réchauffement est le même que précédemment, et l'on désignera par σ_r l'A. R. I. initiale résultant de l'application d'un champ H à la température ordinaire, et $\sigma'_{r,t}$ l'A. R. I. restante après réchauffement jusqu'à la température t.

Le premier réchauffement n'a lieu que plusieurs heures après suppression du champ H, quand l'A. R. I. n'évolue plus que très lentement dans le temps.

Les trois courbes de la figure II, donnant les valeurs de $\sigma'_{r,t}$, en fonction de t, correspondent aux aimantations initiales :

$\sigma_r = 9,3.10^{-4}$ u. e. m. obtenue avec H = 1.470 Γ,
$\sigma_r = 27,0.10^{-4}$ u. e. m. « « H = 7.600 Γ,
$\sigma_r = 49,6.10^{-4}$ u. e. m. « « H = 26.800 Γ.

L'examen des courbes conduit aux conclusions suivantes :

Les points de Curie de plusieurs constituants ferromagnétiques, dont Fe_3O_4 et Fe_2O_3, sont mis en évidence. Je n'ai pas essayé de déterminer leurs valeurs avec précision ce qui eût exigé des essais trop longs. La présence de plusieurs constituants complique la discussion du détail des courbes et je ne donnerai que quelques indications générales.

Les courbes de désaimantation diffèrent notablement suivant les valeurs des aimantations initiales, aussi bien dans le cas de l'A. R. I. que dans celui de l'A. T. R.. La désaimantation relative correspondant à une température t de réchauffement est d'autant plus grande que l'aimantation initiale est plus élevée (sauf pour l'A. R. I. en fin de désaimantation).

Pour les aimantations faibles, A. T. R. et A. R. I., les courbes (nos 1) présentent des analogies de courbures mais elles ont des caractères nettement distincts entre la température ordinaire et 80°, ainsi qu'en fin de désaimantation. Au point de Curie de Fe_3O_4 l'A. R. I. a presque complètement disparu alors que l'A. T. R. est encore égale à 1/6 environ de sa valeur initiale.

Pour les aimantations fortes, A. T. R. et A. R. I., les courbes (nos 3) ont même allure. En prenant pour aimantations initiales les valeurs des aimantations rapportées à la même température : $\sigma_{675,90}$ et $\sigma_r = \sigma'_{r,90}$, les courbes des aimantations relatives $\sigma'_t/\sigma_{675,90}$ et $\sigma'_{r,t}/\sigma_r$ en fonction de la température t sont presque superposables. Le mécanisme de désaimantation est donc le même, fait caractéristique car il s'agit d'aimantations A. T. R. et A. R. I. fortes, probablement voisines de la saturation ([1]).

Les courbes nos 2 sont relatives aux aimantations moyennes. Elles s'apparentent pour l'A. T. R. au type de courbe n° 1 et pour l'A. R. I. au type de courbe n° 3. En extrapolant la courbe d'A. T. R. n° 2 jusqu'à 20° on voit

que $\sigma_{675,20}$ est supérieure à σ_r initiale de la courbe n° 2 d'A. R. I. On passe donc plus vite pour l'A. R. I. que pour l'A. T. R. des courbes du type n° 1 aux courbes du type n° 3.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la variation de la fréquence propre des cavités élec-tromagnétiques à sphères concentriques, pour de petits déplacements de la sphère intérieure.* Note (*) de M. **Jean Broc**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons rendu compte précédemment, des caractéristiques des cavités résonnantes électromagnétiques constituées par deux sphères concentriques. Il nous a paru intéressant de rechercher la valeur de la variation de la fréquence propre d'une telle cavité lorsque la sphère intérieure s'écarte de la position centrale.

Nous avons pu aboutir au même résultat par deux méthodes approximatives différentes.

2. La première méthode consiste à appliquer les résultats généraux établis déjà [1] pour les champs à symétrie de révolution, c'est-à-dire à chercher la solution d'une équation aux dérivées partielles de la forme

$$(1) \qquad \frac{\partial}{\partial \xi}\frac{1}{h_3}\frac{\partial f}{\partial \xi}+\frac{\partial}{\partial n}\frac{1}{h_3}\frac{\partial f}{\partial n}+\frac{h_1 h_2}{h_3}k^2 f=0,$$

en prenant pour coordonnées, au lieu des coordonnées sphériques r, θ, φ, les surfaces engendrées par deux familles de cercles orthogonaux $\xi=$ const., $\eta=$ const. tracés dans le plan méridien et d'équations cartésiennes

$$(2) \qquad \left(x-\frac{a}{\operatorname{th}\xi}\right)^2+y^2=\frac{a^2}{\operatorname{ch}^2\xi},$$

$$(3) \qquad x^2+\left(y-\frac{a}{\operatorname{tg}\eta}\right)^2=\frac{a^2}{\cos^2\eta};$$

$\pm a$ étant l'abscisse des points de Poncelet des cercles (3).

Dans le cas où les cercles de la famille (1) sont presque concentriques, on peut écrire, approximativement

$$(4) \qquad a=\frac{R_2^2}{2}\,\frac{1-s^2}{e}, \qquad s=\frac{R_1}{R_2}$$

par rapport des rayons avec ($R_1 < R_2$), e déplacement de la sphère intérieure, et

$$(5) \qquad h_1=h_2=\frac{a}{\operatorname{ch}\xi}, \qquad h_3=\frac{a\sin\eta}{\operatorname{ch}\xi}.$$

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) J. Bernier, *Thèse de Doctorat*, 1944, Chap. III, p. 20.

En substituant les expressions (5) dans l'équation (1) on voit alors que les variables se séparent et l'on trouve une solution, approximative de l'équation (1).

Cela conduit, par exemple, pour le mode H_{110}, à montrer qu'un déplacement e de la sphère intérieure entraîne une diminution de la fréquence propre donnée par

$$\frac{\Delta f}{f_0} = -2\left(\frac{e}{R_2}\right)^2 \frac{1}{(1-s^2)^2}.$$

Ainsi pour une cavité résonnant sur 10^{cm} ($f_0 = 3000$ Mc) et telle que $s = 0,1$, on aurait $R_2 = 7^{cm},2$ et un déplacement de 1/10 de millimètre de la sphère intérieure, au delà du centre, provoquerait une diminution $\Delta f = -10$ Kc tandis qu'un déplacement de 1^{mm} provoquerait une diminution $\Delta f = -1$ Mc.

3. La seconde méthode de calcul consiste à appliquer les résultats de la méthode de perturbations (²).

Cette méthode nous a conduit aux mêmes résultats numériques que nous venons de citer.

Lorsque le déplacement e de la sphère intérieure n'est plus assez petit $[(e/R_2 > 1/100,)]$ les approximations d'aucune des deux méthodes ci-dessus ne sont justifiées.

Il paraît vraisemblable, cependant, que la variation $\Delta f/f_0$ cesse rapidement d'être parabolique pour devenir linéaire (en fonction de e/R_2) et qu'elle redevienne parabolique lorsque la sphère intérieure se trouve parvenue presque au contact de la surface intérieure de la sphère extérieure.

OPTIQUE. — *Calcul des variations des constantes optiques des couches lacunaires.* Note (*) de M. **Damien Male**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude des propriétés optiques des corps en lames très minces montre une variation des constantes optiques avec l'épaisseur de la couche. On a souvent expliqué ces variations en supposant une altération de la substance. Il paraît plus simple et plus naturel de faire intervenir la structure lacunaire de ces couches.

En appliquant la relation de Lorentz-Lorenz, on a

$$n'^2 = \frac{1+2rq}{1-rq}, \qquad \text{avec} \quad r = \frac{n^2-1}{n^2+2},$$

où $n = \nu - j\varkappa$ est l'indice du corps massif; $n' = \nu' - j\varkappa'$ l'indice de la couche et q le facteur de remplissage (rapport du volume du corps au volume de la couche).

(²) J. Bernier, *Thèse de Doctorat*, 1944, Chap. VI.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

Pour déterminer graphiquement n' en fonction de q calculons d'abord r,

$$r = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} = \rho e^{j\alpha},$$

puis posons

$$n' = \sqrt[2]{-2\,\frac{q + \frac{1}{2r}}{q - \frac{1}{r}}} = \mathrm{N}\, e^{j\theta}.$$

Portons, dans le plan de la variable complexe, les points N, D, Q, images des quantités $-1/2r$, $1/r$ et q.

On a alors

$$\mathrm{N} = \sqrt{2\frac{\overline{\mathrm{QN}}}{\overline{\mathrm{QD}}}} \qquad \text{et} \qquad \theta = \frac{\widehat{\mathrm{DQN}} + \pi}{2}$$

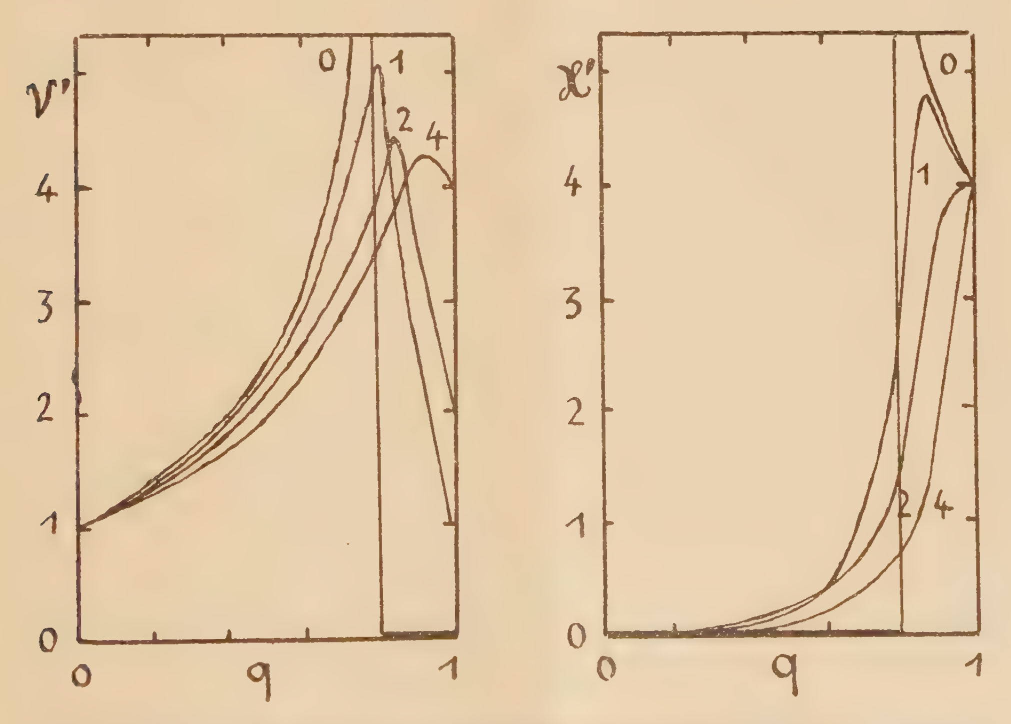
d'où

$$\nu' = \mathrm{N}\cos\theta \qquad \text{et} \qquad \varkappa' = \mathrm{N}\sin\theta.$$

On remarque que n' passe par un maximum lorsque :

$$0 < \frac{\cos\alpha}{\rho} < 1$$

ce qui ne peut se produire que si $\varkappa > \nu$.



Les calculs ont été effectués pour différentes valeurs de ν et de $\varkappa$ allant de 0 à 4. Les courbes de la figure 1 montrent, par exemple, les résultats obtenus pour $\varkappa = 4$ et pour $\nu = 0, 1, 2, 4$.

Le maximum de ν', lorsqu'il existe, correspond toujours à une valeur de q inférieure à celle qui donne le maximum de $\varkappa'$. Cette remarque est parfaitement en accord avec tous les résultats de mesures de ν' et de $\varkappa'$. Malheureusement il est difficile de déterminer ν' et $\varkappa'$ pour des couches correspondant à des facteurs de remplissages petits de telle sorte que le maximum de $\varkappa'$ a été observé expérimentalement tandis que celui de ν' ne l'a pas encore été.

RAYONS X. — *Dosage du rayonnement* X *par réactions de polymérisation.* Note (*) de Mme **Annette Prévot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dainton (1) et Rexer (2) ont déjà montré que les rayons X peuvent amorcer la polymérisation de l'acrylonitrile (1) et du méthacrylate de méthyle (2). J'ai voulu étendre cette étude à d'autres monomères et cherché à utiliser des réactions de polymérisation pour le dosage du rayonnement X. Puisque la polymérisation procède par réactions en chaînes, on pouvait s'attendre à une sensibilité supérieure à celle fournie par les réactions chimiques antérieurement proposées à cette fin.

La progression de la polymérisation a été suivie par dilatométrie. L'ampoule à irradier, de 20^{cm^3} environ, en pyrex, est surmontée d'un capillaire et remplie par distillation sous vide cathodique.

Pour un monomère donné, et dans des conditions déterminées de fonctionnement du tube à rayons X, la contraction relative $\Delta V/V$ tracée en fonction du temps d'irradiation fournit la courbe d'étalonnage de l'ampoule. Cette courbe est très voisine d'une droite, du moins pour les faibles degrés de conversion. La pente de la droite, donc la sensibilité de la méthode, varie avec le monomère. Par ordre de sensibilité croissante, les monomères étudiés se rangent de la manière suivante : styrolène, méthacrylate de méthyle, acrylonitrile, acétate de vinyle (*fig.* 1). Pour ce dernier la courbe d'étalonnage présente une allure parabolique. J'ai préféré, pour cette raison, utiliser l'acrylonitrile et les résultats qui suivent sont valables pour l'acrylonitrile pur.

Il a été vérifié que la courbe d'étalonnage est indépendante de la durée de l'irradiation et du temps qui s'écoule entre deux irradiations consécutives. D'autre part la polymérisation se poursuit après cessation de l'irradiation, mais cette post-polymérisation ne gêne pas les mesures si l'on a soin de reprendre le zéro avant chaque irradiation.

La contraction est donc proportionnelle au temps d'irradiation; par contre, si l'on fait varier la dose incidente en jouant sur l'intensité X, on trouve que la contraction est proportionnelle à la racine carrée de l'intensité.

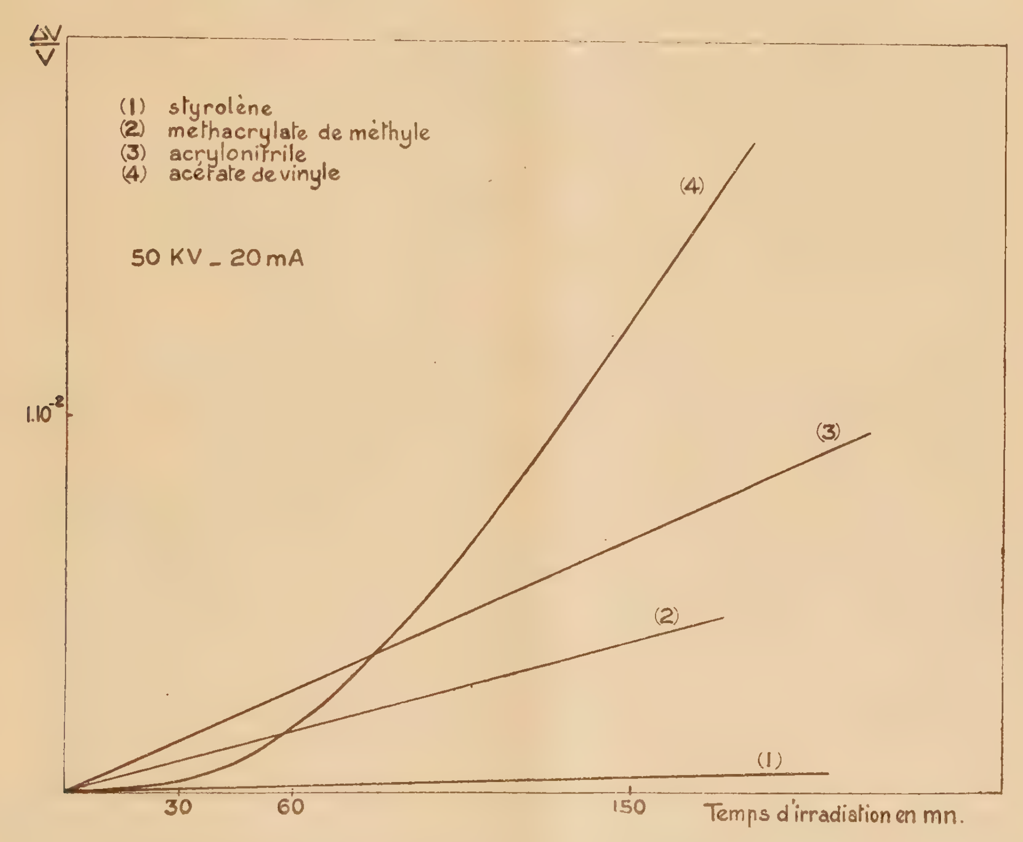
(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) *Nature*, 160, 1947, p. 268; *J. Phys. and Coll. Chem.*, 52, 1948, p. 490.

(2) *Reichsber. Physik.* (*Beihefte Phys. Z.*), 1, 1944, p. 111.

Enfin, pour obtenir une mesure absolue de la dose, il suffit de calibrer le capillaire en comparant ses indications avec celles d'une chambre d'ionisation.

Sensibilité. — Elle varie avec le monomère (qui intervient par sa vitesse de polymérisation et par les densités relatives du monomère et du polymère) et avec le diamètre du capillaire.



Le montage utilisé dans les expériences a déjà été décrit ([3]).

Dans les conditions de travail suivantes : 5 mA, 50 kV, rayonnement global du tungstène, fenêtre de sortie du tube en Al de $0^{mm},015$, distance du foyer au centre de l'ampoule : 25^{cm}, capillaire de 2^{mm} de diamètre, j'ai obtenu un déplacement du ménisque de l'ordre du millimètre pour 300 r absorbés en 10 minutes dans le cas de l'acrylonitrile pur. La sensibilité obtenue est donc de l'ordre de quelques centaines de roentgens absorbés en 10 minutes. Des irradiations plus prolongées permettent naturellement de mesurer des intensités plus faibles. Jusqu'ici la plupart des réactions chimiques appliquées au dosage du rayonnement X permettaient de déceler une dose de quelques milliers ou dizaines de milliers de roentgens ([4]) et ([5]).

([3]) G. Barrère, *J. Phys.*, 8, 1947, p. 72.

([4]) P. Bonét-Maury et M. Frilley, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 400.

([5]) M.-J. Day et G. Stein, *Nature*, 164, 1949, p. 671.

Précision. — 1° L'écart entre les points expérimentaux et la courbe d'étalonnage n'intervient pratiquement pas si l'on fait un nombre suffisant de mesures.

2° Dans le cas de l'acrylonitrile, l'assimilation de la courbe d'étalonnage à une droite fait commettre sur l'évaluation de la dose une erreur systématique inférieure à 5 % jusqu'à 100 000 r.

3° La reproductibilité dans la pente de la droite n'est limitée que par une mauvaise purification de l'acrylonitrile.

Pour l'instant, avec une technique imparfaite de purification, la précision accessible est de l'ordre de 10 à 15 %.

En définitive, si l'on ne recherche pas une très grande sensibilité, le styrolène est préférable, car mieux purifiable, il donne des résultats plus reproductibles; l'acrylonitrile est plus sensible, mais les mesures faites, moins précises.

RAYONS COSMIQUES. — *Explosions nucléaires observées dans le plomb avec des compteurs*. Note (*) de MM. **André Cachon**, **Jean Daudin** et **Roland Maze**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Lorsque des compteurs non alignés sont noyés dans une masse de plomb, les coïncidences observées sont dues bien moins à des particules pénétrantes de l'air qu'à des effets locaux divergents dans la matière elle-même. Cette interprétation donnée par Auger et Daudin ([1]), ([2]), ([3]), s'oppose à celle de Wataghin ([4]) qui a le premier utilisé un tel dispositif. En lui associant une chambre de Wilson, on peut observer des gerbes pénétrantes, des gerbes denses de particules relativistes, des *désintégrations nucléaires associées*. Tous ces phénomènes sont liés comme les bursts à des perturbations des noyaux.

a. Ces coïncidences ont donc les mêmes propriétés que les bursts observés à la chambre d'ionisation, en effet : à Paris un tel dispositif a compté $0,86 \pm 0,04$ par heure et au Pic du Midi $11,4 \pm 0,04$. La radiation responsable a donc dans l'air un parcours moyen égal à $300/L(13) = 117\ g/cm^2 \pm 3$ (sans correction de Gross) identique à celui observé par Rossi ([5]), Tinlot ([6]), Janossy ([7]) et tout récemment par Wataghin ([8]) pour les bursts, les gerbes pénétrantes et les étoiles.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) Auger et Daudin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 24 et *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 549.

([2]) Daudin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 348.

([3]) Daudin, *Ann. de Phys.*, 19, 1944, p. 110.

([4]) Wataghin, De Souza Santos et Pompeia, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 61.

([5]) Bridge, Rossi et Williams, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 257.

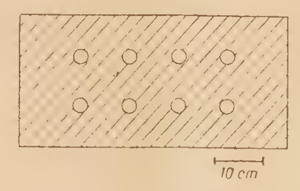
([6]) Tinlot, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1477.

([7]) Janossy et Rochester, *Proc. Roy. Soc.*, 183, 1945, p. 181.

([8]) Wataghin, communication privée.

La contribution des grandes gerbes de l'air s'est montrée faible : 6 à 8 % sous 10^{cm} de plomb; Lapp [9], Fahy et Schein [10] ont trouvé 5 % pour les bursts.

Ainsi les mêmes phénomènes provoquent ces coïncidences et les bursts. Ayant des cloisons importantes (5^{cm} au moins) entre les compteurs nous n'avons pas été gênés par les électrons de choc des mésons.



b. L'ionisation libérée par les bursts permet de les classer. Les bursts libérant plus de n ions sont au nombre de

$$N_n = N_0 n^{-\gamma},$$

γ étant un exposant mal défini variable avec la géométrie de la chambre et surtout la nature de l'écran. Il est de l'ordre de 2,2 pour le plomb. Les bursts très puissants associés aux gerbes d'Auger obéissent à une loi d'indice 1,6 et ne sont pas en jeu ici.

Appliquons la méthode de calcul qui réussit dans le cas des gerbes de l'air. La densité des trajectoires étant de Δ par centimètre carré, un compteur de surface S sera touché en moyenne dans $(1 - e^{-\Delta S})$ des cas. En intégrant sur le spectre des densités, la fréquence des coïncidences triples sera

$$\int (1 - e^{-\Delta S})^3 \Delta^{-\gamma-1} \, d\Delta.$$

et l'on appliquera les formules établies pour les gerbes d'Auger :

1° Si 4 compteurs sont logés parallèlement en carré séparés par 5^{cm} de plomb, le rapport des coïncidences quadruples aux coïncidences entre 3 compteurs déterminés est expérimentalement au Pic du Midi : $314/842 = 37,5 \pm 2,6$ % et la valeur de γ est comprise entre 2,15 et 2,28.

2° Si l'on dispose 8 compteurs à Paris suivant la figure 1, on peut enregistrer les coïncidences au moins triples en éliminant les combinaisons qui peuvent être actionnées par des particules directes ou par des mésons accompagnés.

En prenant 8 compteurs au lieu de 3, le nombre de ces coïncidences est multiplié par un facteur R égal à 24/1,2 soit 20 ± 2. En outre il a été observé 1446 coïncidences au moins triples, 262 au moins quadruples, 89 au moins quintuples, 27 au moins sextuples. Le tableau I permet la comparaison avec le calcul pour $\gamma = 2,33$ et 2,5.

(9) LAPP, *Phys. Rev.*, 65, 1944, p. 63.
(10) FAHY et SCHEIN, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 207.

Tableau I.

	R.	$\frac{N \geq 4}{N \geq 3}$ (%).	$\frac{N \geq 5}{N \geq 4}$ (%).	$\frac{N \geq 6}{N \geq 5}$ (%).	$\frac{\text{Quadruples}}{\text{Triples entre 3 compt.}}$ (%).
$\gamma = 2,5$	30	13,4	29	36	25,5
$\gamma = 2,33$	24	18	33	39	33
Expérience	20	18 ± 1	34 ± 4	30 ± 7	28 ± 4

Conclusion. — Bien que le rayonnement intérieur au plomb ne soit ni exactement isotrope, ni surtout homogène, ces calculs rudimentaires prouvent qu'il est possible avec les compteurs de retrouver l'ordre de grandeur de l'indice qui paraît diminuer légèrement en altitude comme celui observé avec les chambres d'ionisation. Puisque cette loi de fréquence s'applique sûrement aux neutrons, il est inexact de calculer la multiplicité des neutrons émis au moyen d'un sélecteur de neutrons supplémentaire de Cocconi ([11]). En réalité toutes les densités de neutrons sont représentées comme le sont toutes les densités d'électrons dans les gerbes d'Auger.

Ces expériences et d'autres plus anciennes (chambre de Wilson) indiquent que les primaires responsables de ces événements sont souvent isolés et neutres et fréquemment d'énergie relativement faible. Les écrans producteurs que certains expérimentateurs ont placé au-dessus peuvent peut-être également ralentir ou réfléchir et donner des effets d'interprétation difficile.

RAYONS COSMIQUES. — *Spectre des noyaux lourds du rayonnement cosmique primaire à* 22^{km}. Note (*) de M. **Hoang Tchang-Fong**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Nous avons étudié 123 traces de noyaux lourds enregistrées dans une série de 24 plaques Ilford G 5 (200^{μ}, $2^{cm},5 \times 7^{cm},5$) exposées à 22^{km} d'altitude au moyen de ballons-sonde.

Pour déterminer la charge Z des noyaux lourds nous avons utilisé la méthode des rayons-δ proposée par Bradt et Peters ([1]). La densité des rayons-δ le long de la trajectoire est $n = Z^2/K.\beta^2$, où $\beta = v/c$ est la vitesse du noyau au point où l'on compte les δ et K est une constante dépendant de la nature de l'émulsion, de l'énergie minima de rayons-δ comptés et de la manière dont l'observateur fait la mesure. La valeur de K peut être déterminée empiriquement à partir des noyaux lourds émis par certaines étoiles cosmiques dont on

([11]) G. Cocconi, V. Cocconi-Tongiorgi et K. Greisen, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1867.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1828.

connaît la nature (²). En comptant les δ ayant un parcours supérieur à 3^{μ}, et en adoptant un critère convenable pour discerner les δ vrais et ceux du fond, nous avons trouvé $K \sim 45$ si l'on exprime n en nombre de δ par 100^{μ}, compte tenu de la correction de profondeur ainsi que la contraction de la gélatine.

Comme relation liant le moment réduit $p/Mc = \beta/\sqrt{1-\beta^2}$ au parcours réduit $z^2 R/Mc^2$ nous avons utilisé la courbe de Rossi-Smith (³). Les valeurs indiquées étant applicables à toute particule quels que soient Z et M pourvu que la perte d'énergie soit exclusivement due aux chocs électroniques.

Les traces que nous avons étudiées traversent plusieurs plaques; elles ont des parcours suffisamment longs pour permettre une mesure assez précise de Z. L'erreur de mesure n'excède guère une unité pour les noyaux de $Z < 15$ et deux unités pour ceux de $Z \geq 15$. Mais l'incertitude due à d'autres causes peut atteindre le même ordre de grandeur. En fin de compte, les valeurs de Z mesurées ne sont exactes qu'à 2 ou 3 unités près. Les résultats de mesures sont représentés par la figure 1, les particules α n'étant pas comptées dans la mesure.

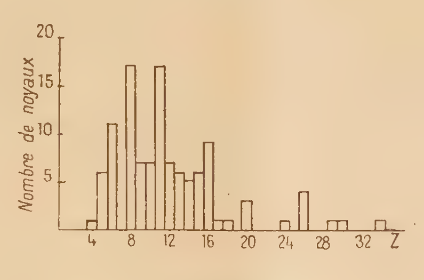


Fig. 1.

Quoique la précision actuelle de la mesure ne nous permette pas de distinguer un élément de l'autre, nous pouvons essayer de rassembler les divers éléments ou groupes et les comparer avec les abondances des corps stellaires, par exemple, le Scorpion-τ d'après les mesures de Unsöld (⁴).

Éléments.	Rayonnement cosmique primaire (%).	Scorpion-τ (Unsöld) (%.)
$Z < 10$ C. N. O.	49 à 65	56
$10 \leq Z < 20$	45 à 30	44
$Z > 20$	~ 6	négligeable d'après l'auteur

On peut dire que, aux erreurs d'expériences près, l'accord entre ces deux

(²) Bonnetti et Dilwoth, *Phil. Mag.*, 7, 1949, p. 585.

(³) B. Rossi, *Rev. of Modern Phys.*, 1948, p. 537.

(⁴) H. Brown, *Rev. of Modern Phys.*, 1949, p. 625.

mesures est satisfaisant. D'autre part, nos résultats sont aussi comparables à ceux de Bradt et Peters ([5]).

Nous avons aussi évalué les énergies cinétiques de ces noyaux à l'entrée de l'atmosphère, les résultats sont indiqués par la figure 2. A cause de l'impossibilité de connaître la hauteur exacte du paquet de plaques lorqu'un noyau est entré dans l'émulsion, ces mesures sont beaucoup moins précises. Les valeurs trouvées ne sont que des limites supérieures. Nous remarquons qu'elles

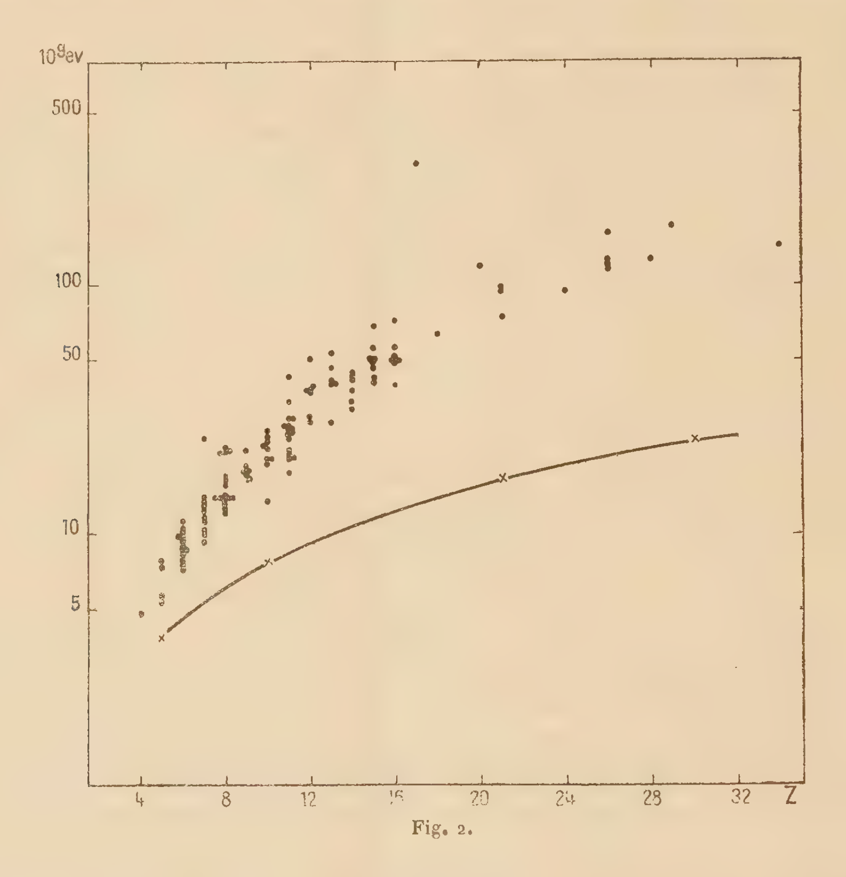


Fig. 2.

sont toutes au-dessus du cut-off magnétique terrestre, lequel étant égal à 0,38 BeV/nucléon ([6]). Quoiqu'il en soit, ces valeurs sont encore très inférieures à celles qu'on aurait attendues en admettant le mécanisme d'injection proposé par Fermi ([7]) Selon cet auteur, l'énergie par nucléon serait de l'ordre de 1 BeV/nucléon pour les noyaux d'oxygène, alors que seulement 50 % de noyaux de Z = 8 trouvés ici, ont atteint cette valeur. Enfin, pour les noyaux de Fer, nous n'en avons trouvé aucun ayant la valeur attendue de 5 BeV/nucléons.

([5]) Communication privée.

([6]) Vallarta, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1823.

([7]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1169; *Congrès de Côme*, 1949.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déformation des orbites électroniques du carbone par effet stérique* (*série de la pyridine*). Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et Mlle **Suzanne Bertucat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que l'introduction d'un substituant (A) sur un noyau aromatique (Ar) (benzène, naphtalène, etc.) provoque toujours une variation d'absorption (U-V et vis.), ce qui implique une modification dans le dispositif électronique du noyau. Cet effet spectral est faible si A est un alcoyle, un groupe O.CO.R ou une fonction ammonium. Par contre, si A contient un carbone fonctionnel, non saturé lié d'une part au noyau et, d'autre part, soit à un H (styrolène, benzaldoxime) soit encore à un alcoyle non ramifié, un *couplage* important s'exerce le plus souvent entre Ar et A ce qui, alors, a pour conséquence de changer parfois profondément leurs spectres *limites*. La molécule est alors sous la forme dite *absorbante*. *Le carbone fonctionnel se comporte comme un carbone non saturé.*

Ce *couplage* peut disparaître soit par effet stérique (introduction de chaînes ramifiées sur le carbone fonctionnel ou en position ortho sur le noyau), soit par cyclisation. La molécule est alors sous la forme dite *transparente*. Son spectre est très voisin de celui qui résulterait de la superposition des spectres *limites* de Ar et de A. *L'influence qu'exerce le carbone fonctionnel est, du point de vue spectral, celle d'un carbone méthanique.*

$C_5H_4N{-}C(CH_2{-}CH_3){=}N.OH$ (I) *abs.*

$C_5H_4N{-}C(C{\equiv}(CH_3)_3){=}N.OH$ (II) *transp.*

$C_5H_4N{-}C(CH_2{-}CH_3){=}N.OH$ (III) *abs.*

$C_5H_4N{-}C(C{\equiv}(CH_3)_3){=}N.OH$ (IV) *transp.*

$C_5H_4N{-}C(CH_2{-}CH_3){=}N.NH.C_6H_5$ (V) *abs.*

$C_5H_4N{-}C(C{\equiv}(CH_3)_3){=}N.NH.C_6H_5$ (VI) *transp.*

$C_5H_4N{-}C(CH_2{-}CH_3){=}N.NH.C_6H_5$ (VII) *abs.*

$C_5H_4N{-}C(C{\equiv}(CH_3)_3){=}N.NH.C_6H_5$ (VIII) *transp.*

Ces faits, mis en évidence par l'un de nous avec divers chercheurs, avaient seulement été étudiés dans les séries benzénique et naphtalénique. Afin de connaître si la pyridine peut donner naissance aux mêmes phénomènes, ce qui signifierait que l'état électronique des carbones du noyau ne se trouve pas sensiblement modifié par la présence de l'N, nous avons étudié l'absorption de combinaisons pyridiniques et comparé leurs spectres à ceux des corps qui leur correspondent dans la série benzénique. Nous ne décrirons ici que ce qui

concerne les corps suivants : éthyl-α pyridylcétoxime (I), but. ter.-α pyridylcétoxime (II), éthyl-β pyridylcétoxime (III), but. ter.-β pyridylcétoxime (IV), éthyl-α pyridylcétone-phénylhydrazone (V), but. ter.-α pyridylcétone-phénylhydrazone (VI), éthyl-β pyridylcétone-phénylhydrazone (VII), but. ter.-β pyridylcétone-phénylhydrazone (VIII).

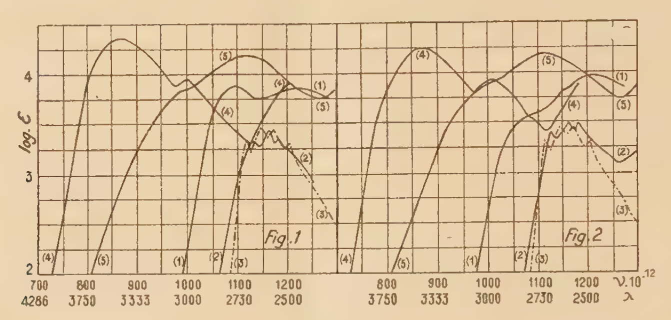


Fig. 1. — (1), éthyl-α pyridylcétoxime; (2), but. ter.-α pyridylcétoxime; (3), α méthylpyridine; (4), éthyl-α pyridylcétone-phénylhydrazone; (5), but. ter.-α pyridylcétone-phénylhydrazone.

Fig. 2. — (1), éthyl-β pyridylcétoxime; (2), but. ter.-β pyridylcétoxime; (3), α méthylpyridine; (4), éthyl-β pyridylcétone-phénylhydrazone. (5), but. ter.-β pyridylcétone-phénylhydrazone.

L'ensemble des résultats obtenus (qui se trouvent résumés par les courbes tracées sur les figures 1 et 2) permet d'énoncer les conclusions suivantes :

1° Compte tenu de la différence des absorptions *limites* des radicaux phényle et pyridyle, il existe un parallélisme frappant entre le comportement spectral des corps de la série benzénique et ceux de la série pyridinique.

2° Les oximes et les phénylhydrazones (I), (III), (V) et (VII) dans lesquelles le carbone fonctionnel est lié à un éthyle, ont la forme *absorbante*; cet élément se comporte, du point de vue de l'absorption, comme un carbone non saturé.

3° Si, dans ces composés, on remplace $—CH_2—CH_3$ par $—C\lessdot(CH_3)_3$, seule la forme *transparente* apparaît. Le spectre de chacune de ces molécules correspond sensiblement à celui d'un mélange équimoléculaire de méthylpyridine et de diéthylcétoxime pour les oximes, de méthylpyridine et de diéthylcétone-phénylhydrazone pour les phénylhydrazones. Le carbone lié au noyau possède les propriétés spectrales d'un carbone méthanique.

En définitive, la pyridine et ses dérivés se comportent, du point de vue spectral, comme les corps de la série benzénique. *Dans l'une et dans l'autre de ces séries, le carbone d'une fonction éthylénique, oxime, phénylhydrazone fixé soit en α soit en β sur le noyau peut exister sous deux variétés ayant une structure électronique différente.* On est ainsi conduit à penser que les carbones du noyau pyridinique et ceux du benzène possèdent sensiblement les mêmes orbites électroniques et que la présence de l'N n'influe pas, de façon essentielle, sur l'effet de la substitution.

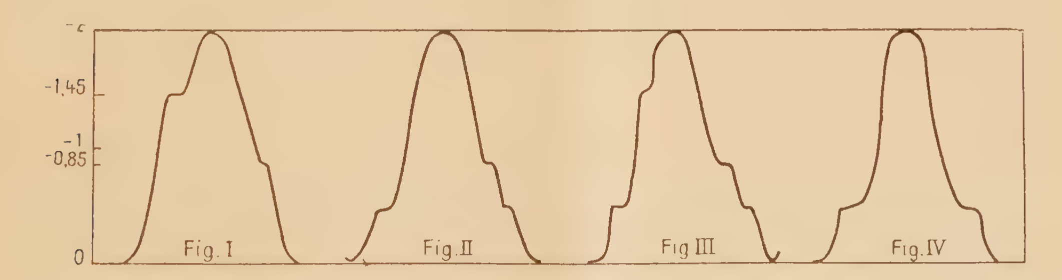
ÉLECTROCHIMIE. — *Étude, à l'électrode à goutte de mercure, des solutions de zincate de soude.* Note (*) de M. **Philippe Bernheim** et Mme **Martine Fournier**, présentée par M. Louis Hackspill.

Lorsqu'on dissout de l'oxyde de zinc dans de la soude, il se forme un zincate de soude auquel les auteurs attribuent la formule ZnO_2Na_2. Ce zincate serait dérivé d'un anion complexe de formule ZnO_2. L'étude des solutions de zincate au polarographe ([1]) permet de mettre en évidence un déplacement du demi-palier du zinc, par rapport à celui obtenu en solution neutre ou acide. Ce potentiel passe de —1,05 à —1,48 V environ. De plus, lorsque les solutions de zincate deviennent plus alcalines, ce potentiel devient plus négatif.

Au lieu d'étudier les courbes tension-courant en courant continu, on peut superposer un courant alternatif à un courant continu. Dans le cas présent, on a superposé un courant alternatif de 1 V à un courant continu de 1 V, ce qui a permis d'avoir aux bornes de la cellule un courant variant de 0 à —2 V 50 fois par seconde. L'examen des courbes de variation de la tension en fonction du temps était effectué à l'aide d'un oscillographe à rayons cathodiques.

Nous avons étudié d'abord une solution de zinc dans un sel neutre, puis des solutions de zincate en faisant varier la concentration du zinc dans une soude 5 N, et enfin des solutions de 1 à 7 N en soude, mais toutes saturées en zincate.

Pour une solution de zinc dans un sel neutre, l'oscillographe montre deux paliers à —1,45 et —0,85 V environ (*fig.* I). Heyrovsky ([2]) attribue



le palier à —1,45 V à la décharge de l'ion Zn^{++} divalent qui devient monovalent selon la réaction $Zn^{++} + \theta \rightarrow Zn^{+}$, et le palier à —0,85 V à l'atome Zn qui devient ion monovalent selon la réaction $Zn \rightarrow \theta + Zn^{+}$. Ces deux réactions étant suivies de la réaction de dismutation $2Zn^{+} \rightarrow Zn^{++} + Zn$ qui a lieu dans la solution. En courant continu, le palier —1,05 V correspondant à la réaction

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) Stackelberg et Freyhold, *Zeits. für Elektr.*, 46, 1940, p. 120.

([2]) *Œsterreichische Chem. Zeits*, 48, 1947, p. 24.

réversible $Zn^{++} + 2\theta \rightleftharpoons Zn$ est intermédiaire entre les deux paliers — 1,45 et — 0,85 V.

Dans une solution de soude 5N ne contenant que très peu de zincate, on obtient les mêmes paliers que précédemment, — 1,45 et — 0,85 V. Si dans cette solution on fait croître la teneur en zincate, lorsque l'on approche de la saturation en zincate, on voit d'abord disparaître le palier à — 1,45 V, puis apparaître deux paliers symétriques à — 0,5 V, le palier à — 0,85 V subsiste toujours (*fig.* II).

Si l'on examine des solutions de soude de concentration croissante, saturées en zincate, on constate pour une valeur voisine de 1 N, quatre paliers — 1,45, — 0,85, — 0,5, — 0,5 V (*fig.* III).

Pour une concentration de 5 N, le palier à — 1,45 V disparaît.

Pour une concentration de l'ordre de 7 N, le palier à — 0,85 V disparaît à son tour et il ne reste plus que les deux paliers à — 0,5 V (*fig.* IV).

Ces expériences montrent que dans les solutions de zincate, il existe des ions Zn^{++}, en proportion d'autant plus élevée que la solution est moins concentrée en soude.

D'autre part, le palier trouvé à — 0,5 V est loin de la valeur du demi-palier donné par Stackelberg et Freyhold, pour le zinc en solution alcaline. Peut-être pourrait-on l'attribuer à la décharge de l'ion H^+. En effet, Tomes a montré (3) que le potentiel de demi-palier de l'hydrogène varie avec le pH suivant la formule $\pi_{1/2} = -(RT/2F)\,\mathrm{pH}$. Pour les solutions étudiées, le pH varie entre 14 et 15, on aurait pour $\pi_{1/2}$ une valeur comprise entre — 0,4 et — 0,45 V environ, donc très voisine de celle observée. Mais ce palier étant d'autant plus grand que la solution est plus alcaline, il est plus logique de le relier directement à la présence dans la solution des ions $ZnO_2^{=}$ qu'à celle des ions H^+.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Caoutchoucs polaires et leur application comme échangeurs d'ions.* Note de MM. **Pierre Mastagli**, **Géza Austerweil** et **Zafiri Zafiriadis**, présentée par M. Marcel Delépine.

La plupart des échangeurs d'ions actuellement en usage sont obtenus sous forme de résines synthétiques en condensant des aldéhydes ou des cétones avec des amines ou des phénols substitués et en polymérisant le produit de cette condensation.

Mais les résines ainsi obtenues ont certains inconvénients : (solubilité, instabilité, gonflement). Dès 1938, l'un de nous a déjà indiqué que l'on pouvait obtenir des échangeurs d'ions en supprimant la phase de la condensation par introduction directe des groupes polaires dans des macromolécules qui sont et

---

(3) *Collection des Trav. Chim. de Tchécoslovaquie*, 9, 1937, p. 150.

qui restent insolubles même après cette introduction. (Laine, amino-polystyrolène, caoutchouc azoté.) (1), (2).

En évitant la phase de condensation on supprime les groupes —R.CH.(R')OH et par conséquent on élimine les empêchements stériques (3) et accroît la stabilité et l'efficacité du produit comme échangeurs d'ions.

Amino-chloro-caoutchouc. — Les caoutchoucs azotés décrits jusqu'à présent n'étaient que des médiocres échangeurs d'anions, du fait de la faible polarité du groupe azoté (NH) introduit dans la molécule. On obtient un caoutchouc plus polaire en traitant les chlorocaoutchoucs avec NH_3; on remplace ainsi une partie des atomes de chlore par des fonctions amine et l'on confère au produit un caractère plus basique.

Pour cela on chauffe dans un autoclave pendant trois heures à 150° une solution benzénique à 20 % de caoutchouc tétrachloré industriel (64 % de chlore environ) avec la même quantité d'ammoniaque et une petite quantité d'émulsionnant (un produit sulfoné). Après refroidissement on isole une masse brunâtre insoluble dans tous les solvants du caoutchouc, que l'on sèche et qu'on lave à l'eau rendue alcaline. Ce corps contient 4,1 % de N et 27 % de Cl; il se rapproche de la formule $(C_5H_7)_4.(Cl)_3HN_2$ (théor. 3,7 % de N; 26,9 % de Cl).

Pulvérisé, comprimé à 100 kg/cm² et à 150°, concassé en grains de 0,5 à 1mm, il fonctionne comme échangeur d'anions vis-à-vis des acides relativement concentrés. Voici les quantités d'acide chlorhydrique qu'il a retenues suivant la concentration de l'acide :

ClH N.........	118,8 g de ClH par kilogramme de produit.			
ClH N/5	104,6	»	»	»
ClH N/50	34,8	»	»	»
ClH N/1000	10,3	»	»	»

On lave le produit avec une solution de CO_3Na_2 à 2 % pour enlever le ClH fixé, puis à l'eau jusqu'à neutralité. Une nouvelle analyse du produit ainsi régénéré montre que sa composition initiale n'a pratiquement pas changé durant toutes ces manipulations. Ce produit stable, remarquablement inerte contre tous les solvants usuels et possédant une forte capacité n'est pourtant utilisable que pour capter les acides relativement concentrés. Sa faible basicité l'empêche de fonctionner comme un bon échangeur d'anions pour l'épuration des eaux, la concentration des acides fixes libérés étant très faible dans ce cas.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 63-67; Br. Fr. 832 866 et 842 115, 1938.

(2) *Revue Générale du Caoutchouc*, 1944, p. 122.

(3) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 799; *Bull. Soc. Chim.*, V, 15, 1948, p. 948.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxydes d'uranium résultant de la décomposition de l'oxalate dit d'uranyle.* Note de MM. **André Boullé**, **Robert Jary** et Mme **Marthe Dominé-Bergès**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans nos recherches antérieures [1] nous avons utilisé selon la méthode décrite par M. Lebeau, la décomposition de l'oxalate d'uranyle $C_2O_4UO_23H_2O$ (à 350° en creuset fermé) pour préparer l'oxyde U_3O_8 qui se réoxyde d'ailleurs facilement à l'état d'oxyde UO_3 à la même température de 350° [2].

Nous avons voulu préciser le mécanisme de la décomposition de cet oxalate, l'oxyde obtenu dépendant du mode opératoire. Trois séries d'expériences ont été effectuées :

1° *Décomposition à l'air* avec enregistrement à la thermobalance de Chevenard.

Signalons tout d'abord que, lors d'un chauffage en température croissante, l'oxalate hydraté perd 2 molécules d'eau à 120° et la troisième molécule à 210°. Les spectres X des trois corps $C_2O_4UO_23H_2O$, $C_2O_4UO_2H_2O$ et $C_2O_4UO_2$ sont identiques : la déshydratation a lieu sans changement de structure. La décomposition de l'oxalate anhydre se produit ensuite brutalement à 310° ; si l'on isole par trempe le corps formé à cette température, on constate que son spectre X présente les raies de l'oxyde UO_2, plus parfois quelques raies de l'oxyde U_3O_8 ; lorsqu'on poursuit le chauffage on atteint successivement les oxydes U_3O_8 puis UO_3.

La décomposition de l'oxalate peut être réalisée en quelques heures au cours d'un chauffage isotherme à 330°, elle conduit alors à l'oxyde UO_3 ; les spectres X des produits trempés au cours de l'expérience, présentent uniquement les raies de l'oxalate anhydre qui vont en s'affaiblissant au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'oxyde UO_3, amorphe dans ces conditions.

2° *Décomposition dans le vide* ou *en milieu réducteur* (courant gazeux : CO ou H_2). La décomposition dans le vide est possible à partir de 275° ; elle est terminée en quelques heures à 350° ; il en est de même en milieu réducteur ; le produit formé, protégé dans ces conditions de toute oxydation ultérieure, a un spectre X identique à celui de l'oxyde UO_2.

Avec un dispositif expérimental convenable le gaz dégagé au cours de la décomposition a été recueilli ; il était prévisible qu'il serait constitué par CO_2 pur ($C_2O_4UO_2 \rightarrow 2CO_2 + UO_2$). Néanmoins dans certaines expériences, de faibles quantités de CO (1 % environ) ont été décelées. Or la décomposition habituelle d'un oxalate doit fournir par volumes égaux les deux gaz CO et CO_2 ;

---

(1) A. Boullé, R. Jary et M. Dominé-Bergès, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1365 ; **228**, 1949, p. 72 ; **229**, 1949, p. 214.

(2) Lebeau, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 388.

nous avons donc pensé que l'oxyde UO_2 et le gaz CO_2 recueillis ne constituaient pas le premier stade de la décomposition.

3° *Réduction de l'oxyde* UO_3 *par* CO. — L'hypothèse précédente s'est trouvée vérifiée lorsque nous avons constaté qu'à 350° la réduction de UO_3 par CO était très rapide et que l'oxyde formé était UO_2. Au contraire l'oxyde U_3O_8 reste inaltéré dans ces conditions au cours de chauffages effectués entre 300 et 450°.

Il nous paraît dès lors raisonnable d'envisager la réaction classique de décomposition :

$$C_2O_4\,UO_2 \rightarrow CO + CO_2 + UO_3$$

Dans tous les cas, il y aurait réduction immédiate de l'oxyde UO_3 par le CO dégagé au sein de la masse du produit ; l'oxyde résultant UO_2 évoluant ensuite dans certaines conditions expérimentales (méthode de Lebeau par exemple), vers les termes plus oxygénés selon un processus que nous préciserons plus loin. Compte tenu de la formation initiale de l'oxyde UO_3 la formule de l'oxalate devrait s'écrire : $C_2O_3UO_3$ ce qui est tout à fait en accord avec les points de vue exposés antérieurement par Guichard ([3]) et Jolibois et Fouretier ([4]).

Signalons que dans toutes ces expériences la mesure des pertes de poids ne permet pas de déterminer avec précision la formule de l'oxyde formé; tout d'abord la réduction de l'oxyde UO_3 par CO peut ne pas être complète (on trouve alors jusqu'à 1 % CO dans les gaz); ensuite il y a du gaz retenu par adsorption et nous l'avons recueilli au cours de chauffage jusqu'à 1 000° sous vide.

Étude de l'oxyde UO_2 *formé.* — Les produits résultant des diverses préparations précédentes ont des spectres X (emploi du rayonnement monochromatique $K\alpha$ du cuivre) à raies larges et floues; ces raies s'affinent à condition de chauffer l'oxyde jusqu'à 1 000° sous vide (pour la désorption des gaz par exemple). On retrouve alors le spectre à raies fines de l'oxyde UO_2 préparé de la manière habituelle par réduction de l'oxyde U_3O_8 à 1 000° dans l'hydrogène.

Une différence essentielle existe entre les oxydes UO_2 des deux origines, différence mise en évidence par les courbes d'oxydation enregistrées à la thermobalance. L'oxyde UO_2 de haute température se réoxyde selon les observations de M. Jolibois ([5]) successivement à l'état U_3O_7 (stable de 190° à 280°) puis à l'état U_3O_8, stade qui n'est pas dépassé ensuite par chauffage jusqu'à 1 000°. L'oxyde UO_2 préparé à basse température dans le vide ou en milieu réducteur se réoxyde directement à l'état UO_3, sans étapes intermédiaires visibles. Les spectres X des produits trempés au cours de la réoxydation, ne

([3]) *Chimie Minérale. Métaux*, 2e édit.

([4]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1263.

([5]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1935.

présentent que les raies de UO_2 qui vont en s'affaiblissant au fur et à mesure que l'on se rapproche de la composition UO_3.

Il nous paraît enfin intéressant de signaler le passage *réversible* de l'oxyde UO_3 amorphe à l'oxyde UO_2 cristallisé (spectre X à raies larges et floues) par réduction dans CO à 350°, suivi de l'oxydation à la même température.

CHIMIE MINÉRALE — *Décomposition thermique du tartrate neutre de potassium.* Note de (*) M. **Jules Lamure**, présentée par M. Paul Pascal.

Maumené [1] avait indiqué que la pyrogénation effectuée avec certaines précautions du tartrate neutre de potassium conduit à la formation du mellate $C_6(CO_2K)_6$: trois molécules de tartrate perdant chacune au-dessus de 280° les deux molécules d'eau des fonctions alcool secondaire se cyclisent sans élimination d'anhydride carbonique et laissent quantitativement le mellate. De ce sel il est facile de passer à l'acide par l'intermédiaire du sel de plomb. Plus tard, Lecuir [2] utilisant cette méthode pour préparer différents mellates en précisa les conditions d'application.

Cette préparation paraissant très aisée, nous l'avons reprise pour avoir les quantités d'acide mellique nécessaires à nos travaux, mais nous avons été forts surpris, en suivant cependant le processus indiqué, de ne trouver que des résidus noirs ne présentant aucun des caractères du mellate de potassium.

Nous avons alors méthodiquement étudié la décomposition thermique du tartrate en enregistrant la perte de masse en fonction de la température. Avec la thermobalance de Chevenard nous avons réalisé les essais suivants :

1° Ascension linéaire de la température de 25° ou de 50° par heure jusqu'à 140°, puis séjour pendant une heure à cette température suivi de montée de la température jusqu'à 280° et du maintien de cette température pendant une heure, ce qui correspond aux indications des précédents auteurs (*fig.* 1);

2° Ascension linéaire sans arrêt jusqu'à 280° avec une vitesse de chauffage de 25°, 50° ou 150° par heure (*fig.* 2);

3° Décomposition isotherme à 140° et à 240° (*fig.* 3).

Quel que soit le régime de l'échauffement les résultats sont identiques.

Les courbes montrent d'abord que le tartrate neutre préalablement désséché par un séjour de deux mois dans un exsiccateur à acide sulfurique garde un poids constant jusqu'à 140° et ne perd la demi-molécule d'eau de cristallisation qu'à partir de cette température (perte : calculée : 3,83 % ; lue : 3,8 %).

Le tartrate demeure alors stable jusqu'à 240°.

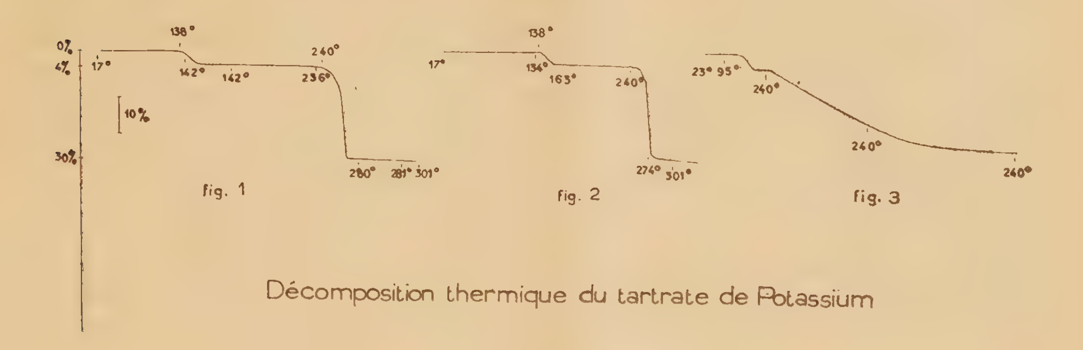
L'étude isotherme à 240° montre qu'à cette température commence une

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 13, 1895, p. 24.

(2) *Thèse*, Paris, 1931.

décomposition rapide avec élimination simultanée d'eau et de gaz carbonique, mais en même temps la masse brunit progressivement, même si l'élévation de la température n'a été que de 25° par heure. L'analyse du résidu y montre la



Décomposition thermique du tartrate de Potassium

présence de carbonate et de pyruvate de potassium, ce dernier se décomposant peu a peu. ce qu'on peut mettre en évidence par le dégagement d'oxyde de carbone qui ne tarde pas à se produire. Finalement, on trouve, mêlés à un peu de carbone, du carbonate et de l'acétate de potassium. C'est le terme de la décomposition à cette température. Un long palier horizontal correspondant à une perte de poids de 29 % à partir du tartrate à une demi-molécule d'eau confirme ces observations.

En supposant la formation du mellate, la perte de poids correspondant aux deux molécules d'eau ne serait que de 19,15 % et devrait être mise en évidence sur les courbes puisque ce sel n'est pas décomposable à cette température.

La perte d'eau ne se fait donc pas sur les deux fonctions alcool secondaire et l'interprétation des courbes de pyrolyse ne permet pas d'admettre l'existence même passagère du mellate malgré les précautions prises pour le chauffage.

Nous pensons donc que la décomposition du tartrate neutre de potassium conduit au pyruvate, puis à l'acétate et que le mode de préparation de l'acide mellique indiqué par Maumené ne semble pas à conseiller.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrographique de la lumière de fluorescence des dérivés monosubstitués de l'acridone en solution.* Note (*) de M. **Lucien Villemey**, présentée par M. Marcel Délépine.

On utilise un montage comportant comme source d'excitation le triplet 3650 Å du mercure convenablement isolé, et condensé sur la cuve contenant la solution fluorescente au moyen d'une lentille de quartz. La cuve est placée devant la fente d'un spectrographe Cojan à grande ouverture.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

Les clichés sont étalonnés par comparaison avec l'arc au fer. Pour chacun d'eux, on trace au moyen d'un microphotomètre enregistreur la courbe donnant le facteur de transmission de la couche d'argent développée en fonction de la longueur d'onde.

Pour tenir compte à la fois de la transmission des organes du spectrographe et de la répartition de la sensibilité spectrale des plaques photographiques utilisées, une étude préliminaire spectrophotosensitométrique a été faite : on établit pour cela une correspondance entre la densité optique d'un cliché dont la répartition spectrale énergétique est connue. On peut alors déterminer la brillance réelle de la lumière de fluorescence étudiée et la densité optique des clichés de fluorescence. Cette étude permet de tracer les courbes réelles de brillance énergétique pour la fluorescence des produits étudiés, quelle que soit la répartition spectrale de la sensibilité des plaques photographiques utilisées.

Parmi les dérivés monosubstitués de l'acridone que nous avons étudiés, on doit considérer séparément les molécules dont le substituant comporte une liaison d'électrovalence, pour lesquelles la fluorescence est très faible comparativement à celle des autres dérivés.

Nos conclusions peuvent-être résumées comme il suit :

1. *Dérivés dont le maximum de fluorescence est le même que celui de l'acridone* ($441^{m\mu}$). — Une substitution par un groupement méthyle ne modifie que l'intensité de la fluorescence de l'acridone sans changer la composition de la lumière émise. Il en est de même pour la substitution par un atome d'halogène.

Par contre, pour les dérivés hydroxylés et méthoxylés, la courbe de fluorescence conserve un maximum à $441^{m\mu}$, mais elle est plus étalée vers le rouge.

2. *Dérivés dont le maximum de fluorescence est différent de celui de l'acridone.* — Pour les dérivés aminés, la courbe représentative de la composition spectrale de leur fluorescence présente un maximum déplacé au centre du spectre visible, à $520-523^{m\mu}$. Bien qu'énergétiquement la fluorescence soit diminuée, elle est visuellement plus intense. L'acétylation de l'amino-acridone ramène sa courbe de fluorescence au type de celle des dérivés hydroxylés.

Cet examen systématique d'une série chimique nous a permis de préciser de nombreux points qui, dans des études antérieures, n'avaient été qu'effleurés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réductions sélectives au moyen de l'hydrure d'aluminium et de lithium.* I. Note de M. **Hugh Felkin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'hydrure double d'aluminium et de lithium, $LiAlH_4$ (1), s'est révélé un agent de réduction extrêmement commode en chimie organique (2). On a pu

(1) Finholt, Bond et Schlesinger, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1199.
(2) Mahé, Rollet et Willemart, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 481.

rapprocher son action de celle des organo-magnésiens ([3]) car les fonctions sur lesquelles réagissent ceux-ci peuvent en général être réduites au moyen de l'hydrure double. Or, on sait qu'il est souvent possible, quand on a affaire à un composé possédant deux fonctions réactives différentes, d'attaquer l'une d'elles seule par un organo-magnésien, la seconde restant intacte.

Nous avons étudié l'action de l'hydrure double d'aluminium et de lithium sur de tels composés dans l'espoir d'aboutir à une réduction sélective d'une seule fonction à l'exclusion de l'autre. Cet espoir paraissait d'autant plus fondé que la réduction de certaines fonctions par ce réactif est presque immédiate [cétones, esters, etc. ([4])], alors que d'autres [amides, etc. ([5])] nécessitent souvent une ébullition à reflux assez prolongée.

Nous nous sommes donc adressés en premier lieu à des molécules contenant d'une part une fonction azotée [amide, oxime ([6]) ou groupe nitroaromatique] et d'autre part une fonction oxygénée (cétone ou ester).

Nous avons pu constater que, dans des conditions expérimentales appropriées, il est possible de réduire sélectivement la fonction oxygénée sans modifier la fonction azotée. En outre, dans le cas des nitro-esters, il ne semble pas que la position relative des deux fonctions dans la molécule ait une influence sur la sélectivité de la réaction.

Partie expérimentale. — Les réductions ont été effectuées sous atmosphère d'azote, en ajoutant lentement et avec agitation une solution éthérée (environ 0,1 M) de $LiAlH_4$ (en excès de 10 % par rapport à la quantité théorique) à une solution éthérée (environ 0,2 M) de la substance à réduire. On laisse reposer quelques heures à la température ambiante et l'on isole les produits de la réaction à la façon habituelle, en employant, dans le cas des oximes, l'acide acétique à la place de l'acide sulfurique pour dissoudre l'hydroxyde d'aluminium.

a. Dérivés nitro aromatiques. — Le *p*-nitrobenzoate d'éthyle a fourni 40 % d'alcool *p*-nitrobenzylique; de même, le *p*-nitrophénylacétate d'éthyle a fourni 54 % de 2-(*p*-nitrophényl) éthanol (dérivé p-*nitrobenzoylé*, $C_{15}H_{12}O_6N_2$, F 121-122°).

([3]) Hochstein, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 305.

([4]) Nystrom et Brown, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1197.

([5]) Uffer et Schlittler, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1397.

([6]) Nous nous sommes préalablement assurés que les oximes pouvaient effectivement être réduites par l'hydrure double. Ainsi, l'oxime de l'acétophénone a fourni 67 % de α-phényl éthylamine, et le 1.1-*diphényl 2-oximino propanol*, $C_{15}H_{15}O_2N$, F 159-160° (obtenu par l'action de C_6H_5MgBr sur l'isonitrosopropiophénone) a fourni 15 % de 1.1-*diphényl 2-hydroxylamino propanol*, $C_{15}H_{17}O_2N$, F 102,5-104° [*chlorhydrate*, F 223° (bloc)], après 25 heures d'ébullition à reflux. Ce travail était déjà en cours quand nous avons eu connaissance du Mémoire de Hochstein ([3]) qui a obtenu la benzhydrylhydroxylamine à partir de l'oxime de la benzophénone.

b. Oximes. — L'isonitrosoacétophénone a fourni 34 % de *1-phényl 2-oximino éthanol*, $C_8H_9O_2N$, F 94-95°. De même, l'oxime du diéthylacétylacétate d'éthyle a fourni 61 % de *2.2-diéthyl 3-oximino butanol*, $C_8H_{17}O_2N$, F 79°,5-81°, hydrolysé par HCl 0,1 M en *3.3-diéthyl 4-hydroxy butan-2-one*, $C_8H_{16}O_2$, E_{13-14} 105-107°, n_D^{21} 1,4527, d_4^{21} 0,964 (dérivé p-*nitrobenzoylé* $C_{15}H_{19}O_5N$, F 165-166°).

c. Amide. — Le *2-acétamido 2-benzyl 3-phényl propanoate d'éthyle*, $C_{20}H_{23}O_3N$, F 124-125° [obtenu à partir du dibenzylacétylacétate d'éthyle par l'action de l'acide azothydrique ([7])] a fourni 95 % de *2-acétamido 2-benzyl 3-phényl propanol*, $C_{18}H_{21}O_2N$, F 150-151°, hydrolysé par HCl-H_2O-dioxane 0,5 M en *2-amino 2-benzyl 3-phényl propanol*, $C_{16}H_{19}ON$, F 139-140°, *chlorhydrate*, F 199-201°.

CONCLUSION. — Dans le cas de composés comportant deux fonctions, l'une oxygénée et l'autre azotée, l'hydrure d'aluminium et de lithium permet de réduire sélectivement la fonction oxygénée en alcool sans modifier la fonction azotée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de dérivés du diphényl-1.4 naphtalène par la méthode de l'addition diénique à l'αα'-diphénylisobenzofuranne.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Edmond Toromanoff**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On sait que l'αα'-diphénylisobenzofuranne (I) est capable de donner des dérivés d'addition diénique aux doubles liaisons conjuguées du cycle furannique, avec des philodiènes tels que l'anhydride maléique et l'acroléine par exemple, et que les adducts obtenus se deshydratent facilement en dérivés du diphényl-1.4 naphtalène tels que l'acide dicarboxylique-2.3 et l'aldéhyde en 2.

Nous avons voulu étendre la réaction diénique à d'autres philodiènes tels que la méthylvinylcétone.

A froid, dans le chloroforme ou dans l'alcool, ce corps donne deux isomères époxydiques, $C_{24}H_{20}O_2$, F_{inst} 124 et 154° en quantités inégales (environ 75 % du premier et 25 % du second). Nous pensons que ce sont les deux stéréoisomères de l'adduct, le diphényl-1.4 acétyl-2 époxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène (III). En effet, les deux produits, chauffés vers 80°, redonnent les corps initiaux. Mais la deshydratation, bien qu'elle permette d'arriver à des corps identiques avec chacun d'eux, donne lieu à des anomalies qui n'avaient pas été constatées dans les autres cas précédemment signalés. Ainsi à froid, avec l'alcool saturé d'HCl, les deux isomères d'addition fournissent un

(7) Schmidt, *Ber.*, 57, 1924, p. 704.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

mélange, d'un autre corps de formule brute identique, $C_{24}H_{20}O_2$, F_{inst} 211°, et du dérivé aromatique attendu, le diphényl-1.4 acétyl-2 naphtalène, $C_{24}H_{18}O$ (VII), F_{inst} 148-150°.

L'authenticité de celui-ci est établie par les faits suivants. Ce produit donne une oxime, $C_{24}H_{19}ON$, F_{inst} 253°, et une combinaison bisulfitique. D'autre part, traité par les hypobromites (réaction de Serullas-Lieben), il se transforme en l'acide diphényl-1.4 naphtoïque-2 (VI), F_{inst} 225°, dont la structure n'est pas douteuse [*voir* en particulier ([2]) et ([3])]. De plus, hydrogéné, en présence de nickel Raney, à froid, il se transforme en un carbinol, le diphényl-1.4 (hydroxy-1'-éthyl)-2 naphtalène, $C_{24}H_{20}O$ (VIII), F_{inst} 141°, qui est identique au produit obtenu par action de CH_3MgI sur l'aldéhyde diphényl-1.4 naphtoïque-2 (V) déjà connu.

Quant au nouvel isomère des deux adducts sa constitution reste en suspens. Bien qu'il ait un spectre d'absorption ultraviolet voisin de ces derniers il est difficile de le considérer comme un troisième stéréoisomère car, d'une part, la théorie ne prévoit que deux structures spatiales possibles pour la formule III et, d'autre part, ses propriétés sont nettement différentes de celles des deux autres. En effet, il est beaucoup plus stable et, par exemple, ne redonne pas les produits initiaux par chauffage (il peut même être sublimé à 200° sous vide). De plus, bien que l'action prolongée à chaud de l'alcool saturé d'HCl le transforme en partie en diphényl-1.4 acétyl-2 naphtalène (VII) la réaction est beaucoup plus lente que dans le cas des deux isomères de l'addition diénique.

Une autre anomalie se produit lorsque l'on traite ces deux stéréo-isomères (III) par l'acide acétique saturé d'HCl : en même temps, qu'il y a déshydratation normale en diphényl-1.4 acétyl-2 naphtalène, on constate une désacétylation donnant lieu à la production de diphényl-1.4 naphtalène (IV), F_{inst} 137°, corps déjà décrit ([1]). Dans les mêmes conditions le nouvel isomère, n'est pas altéré.

Ces réactions anormales nous ont incité à reprendre les travaux anciens relatifs à l'addition diénique du diphénylisobenzofuranne et de l'acroléine ([1]).

En opérant, dans le chloroforme ou l'éther de pétrole, l'un des isomères du dérivé d'addition, le diphényl-1.4 formyl-2 époxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4. naphtalène, $C_{23}H_{18}O_2$ (II), a pu être obtenu sous forme cristallisée Finst = 113°, alors que jusqu'à présent on n'avait obtenu qu'une huile incristallisable. Sa déshydratation présente aussi des anomalies. Ainsi, on a constaté que la réaction effectuée, en solution dans l'alcool méthylique ou éthylique par HCl gazeux donnait, en même temps que l'aldéhyde (V) un corps de structure inconnue déjà signalé précédemment ([1]). On a remarqué

([1]) R. Weiss, A. Abelès et E. Knapp, *Monatsh. für Chemie*, 61, 1932, p. 162.

([2]) A. Étienne, *Annales de Chimie*, (12), 1946, p. 58.

([3]) A. Étienne et J. Robert, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 422.

encore que, si l'on utilise comme agent de déshydratation l'acide acétique saturé d'HCl, il y a, de préférence décarbonylation aromatisante en diphényl-1.4 naphtalène (IV) et l'on a pu mettre en évidence la libération d'oxyde de carbone. Cette *désacidylation* particulière constatée sur les adducts formylé et acétylé (II et III) est à rapprocher de la *décarboxylation* déjà signalée au cours de l'aromatisation du dérivé d'addition de l'acide maléique avec le diphénylisobenzofuranne ([4]).

L'action des acides sur ces dérivés d'addition diénique s'avère, dans certains cas, très complexe et donne lieu à des réactions particulières dont certaines sont encore inexpliquées.

C_6H_5 — O — C_6H_5 (I).

(II) $R = CHO$,
(III) $R = CO\,CH_3$,

(IV) $R = H$,
(V) $R = CHO$,
(VI) $R = CO_2H$,
(VII) $R = CO\,CH_3$,
(VIII) $R = CH(OH)CH_3$.

MINÉRALOGIE. — *Préparation d'halloysite à 14 Å et à 17 Å.* Note de Mlles **Simonne Caillère**, **Rachel Glaeser**, MM. **Jacques Esquevin** et **Stéphane Hénin**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'halloysite est un minéral constitué par des feuillets type kaolinite séparés par une couche d'eau; l'équidistance principale suivant (001) est de 10 Å. Cette couche d'eau est particulièrement labile si bien qu'en abandonnant l'échantillon en atmosphère sèche ou en le chauffant vers 60°, l'eau s'échappe irréversiblement. On obtient alors une substance à équidistance principale voisine de 7 Å comme la kaolinite, la métahalloysite.

D. M. C. Mc Ewan ([1]) traitant l'halloysite par divers corps organiques parfaitement secs comme le méthanol, l'éthanol, l'acétone a pu remplacer par ces liquides l'eau située entre les feuillets, mais ce remplacement ne modifie pas sensiblement l'équidistance de 10 Å.

Si l'on reprend ces expériences en utilisant divers alcools, en particulier le

([4]) Ch. Dufraisse et R. Priou, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 5, 1938, p. 502.

([1]) *Transactions of Faraday Society*, 44, 1948, p. 349.

propanol contenant une petite quantité d'eau, on observe la formation d'une seconde couche de liquide entre les feuillets du minéral qui se présente alors avec une équidistance (001) de 14 Å.

Ce résultat est dû à la formation d'un complexe entre le liquide employé et l'eau, car en épuisant l'eau de l'échantillon avec des alcools parfaitement secs, l'équidistance finit par retomber à 7 Å.

Si au contraire on enlève l'alcool du minéral à 14 Å par lavage à l'eau, il reste dilaté et l'on constate même un léger accroissement de l'équidistance principale qui peut atteindre une valeur apparente de 15 Å. La raie (001) est alors diffuse et peu intense ce qui montre que l'on a une hydratation non homogène. Cet hydrate est instable et abandonné à l'air, perd son eau en redonnant la métahalloysite.

Ces résultats ne sont pas toujours reproductibles. Quant on les applique à des halloysites de diverses provenances, il arrive fréquemment que le traitement ne produise l'ouverture que d'une partie des feuillets. Les autres restent à 10 Å ou même perdent leur eau et se referment à 7 Å.

Si l'on compare le comportement de ce minéral et celui de la montmorillonite on est amené à conclure que la grande facilité d'hydratation de cette dernière est due au grand nombre de cations échangeables logés entre les feuillets. Aussi, pour assurer un comportement équivalent à l'halloysite avons nous songé à la traiter par un mélange d'alcool et d'une base. Celle-ci doit avoir tendance à se fixer sur le feuillet hydrargillite et, conservant son affinité pour l'eau de la solution, jouer le rôle de *vecteur*.

Le minéral simplement broyé au mortier a été immergé dans une solution contenant 10 % d'eau de baryte à saturation et 90 % d'éthanol. Comme la présence du baryum pouvait constituer une gêne pour l'examen ultérieur aux rayons X après un temps de contact variant de 2 à 40 heures, la solution contenant l'argile en suspension a été versée dans 4 fois son volume d'eau distillée. Le lavage a été répété 2 fois par décantation.

L'examen aux rayons X de l'argile baignant dans la solution a montré que le minéral possédait un espacement (001) de 17 Å. Deux heures de contact ont suffi pour écarter environ 90 % des feuillets et ceci pour les trois échantillons étudiés provenant d'Indiana, des Eyzies et du Djebel Debar. Un contact prolongé jusqu'à 40 heures a produit la modification de la totalité des échantillons.

Contrairement à ce qui a lieu avec le traitement à l'alcool propylique suivi d'un lavage par l'eau, les couches de liquide sont énergiquement fixées. Si l'on chauffe à 105° on obtient un hydrate à 14 Å présentant une raie (001) assez intense et une raie de 2ᵉ ordre très marquée.

L'halloysite traitée puis séchée à l'air montre à la thermobalance Chévenard une perte de 10 % d'eau hygroscopique entre 0 et 200°.

Il a fallu chauffer les produits traités à 300° pour obtenir un diagramme de métahalloysite normale c'est-à-dire montrant une équidistance (001) de 7 Å.

Un essai tenté en utilisant la soude à la place de la baryte a provoqué l'ouverture d'une partie seulement des feuillets à 17 Å. D'autre part, le produit obtenu est beaucoup moins stable, puisque par chauffage à 105° la métahalloysite est régénérée. On retrouve ainsi le rôle joué par l'énergie d'hydratation du cation si nettement mise en évidence par S. B. Hendricks ([2]) puis par J. Mering ([3]) avec la montmorillonite.

GÉOLOGIE. — *Indices de climat périglaciaire dans les dépôts quaternaires du versant Nord-Pyrénéen.* Note de Mlle **Henriette Alimen**, présentée par M. Charles Jacob.

Jusqu'ici, on était fondé à penser que la presque totalité du Bassin d'Aquitaine avait échappé aux rigueurs climatiques subies par l'ensemble de la France au Quaternaire. Les actions intenses de gélivation, cryoturbation, solifluction ne paraissaient pas, en effet, dépasser le bord Nord de l'Aquitaine, et le faible développement des couvertures loessiques du revers pyrénéen parlaient dans le même sens. De récentes observations viennent modifier ces conceptions.

1° *Traces de gélivation.* — Des fracturations par le gel ont atteint profondément de gros blocs erratiques comme des galets de toutes tailles, depuis la zone des moraines (Lourdes), jusqu'aux nappes alluviales (Nay, Juillan).

2° *Dépôts de pente.* — Les dépôts de pente, forme d'accumulation par solifluction des délits de gélivation, ont, en Bigorre, un développement insoupçonné.

Dans les parties hautes, jadis glaciaires, des vallées du Gave de Pau et de l'Adour, j'ai observé des brèches, partiellement consolidées, dont le matériel est emprunté aux calcaires ou dolomies secondaires. Elles présentent les caractéristiques des dépôts de pente périglaciaires : absence de triage par gravité, éléments constituants anguleux, de petite taille, craquelés par le gel, souvent juxtaposés sans matrice. Les pentes assez fortes (20 à 35°) sont liées à la raideur des versants des vallées glaciaires. Dans cette catégorie, je range les dépôts de la rive gauche du Gave de Pau, au pied du Pibeste, entre Agos et Lugagnan, et ceux de la rive droite de l'Adour au Nord de Campan.

Dans les têtes des vallées des Baronnies, qui ne reçurent pas de glaciers quaternaires (haut bassin de l'Arros), les versants beaucoup plus adoucis sont couverts de dépôts de pente plus semblables à ceux des Charentes, dus à la gélivation

---

([2]) S. B. Hendricks, R. A. Nelson et L. T. Alexander, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 1457.

([3]) *Trans. Far. Soc.*, 42 B, 1946, p. 205; *C. R. Colloque international Réaction à l'état solide*, octobre 1948, p. 189-194.

de calcaires aptiens (Espèche, Lomné, Laborde, où ils recouvrent une belle surface karstique), ou à la gélivation de schistes albiens (Uzer).

Dans une bande Est-Ouest plus septentrionale, les dépôts de pente sont formés de fragments gélivés de Crétacé, enrobés dans une matrice provenant d'une mince couche superficielle : placages morainiques dans le réseau des vallées actuelles et fossiles du Gave de Pau (environs d'Anclade-Arcizac, de Peyrouse, de Barlest); sables et cailloutis pliocènes dans la vallée du Luz et dans celle de l'Arros entre Bourg et Gourgue.

Dans le Nord de la Bigorre, à épaisse couverture tertiaire, les dépôts de pente sont entièrement constitués aux dépens des couches de Lannemezan. On en observe des exemples typiques sur le flanc droit du Gave de Pau, au niveau de Lagos, de même que sur la rive droite de l'Arros, à Saint-Sever-de-Rustan.

3° *Solifluctions et cryoturbations*. — Les terrasses dues aux anciens émissaires du glacier de Lourdes présentent à leur partie supérieure de belles *poches de solifluction* (terrasse d'Ossun au village de Juillan, terrasse de la vallée de Pontacq à Espouey). Des solifluctions sont également visibles au sein des alluvions, 4^{m} plus bas que les précédentes, dans la terrasse d'Ossun à Juillan.

A Saint-Sever-de-Rustan, la route allant à Antin coupe le dépôt de pente de la rive droite de l'Arros, formé d'argile sableuse et de galets, signalé plus haut. Sur une vingtaine de mètres de longueur, on voit les galets dessiner, au sein de l'argile sableuse, des *festons* qui mesurent en moyenne 2^{m} de diamètre. Il est vraisemblable que ces festons correspondent à un *sol strié* et non à un sol polygonal. Beaucoup plus au Sud, le dépôt de pente situé à l'Est d'Uzer, formé de très petits fragments schisteux (1 à 2^{cm} de long et 2^{mm} de large) montre un joli complexe de petits festons, où deux systèmes se superposent. Leur diamètre n'est que de 25^{cm}. Sur ce sol strié, un nouveau dépôt de pente s'est épandu, cette fois formé d'argile enrobant des blocs crétacés d'assez grande taille (10^{cm} en moyenne), à arêtes vives.

Il est remarquable que sur ce versant pyrénéen coexistent, à basse altitude, les deux grands types de festons qui ont été définis : les formes *miniature* (Uzer) installées en général sur les hautes montagnes tropicales, et les formes normales ou *polaires* (1) (Saint-Sever-de-Rustan). Une telle coexistence ayant également été observée en Islande pour des sols polygonaux actuels, il faut renoncer à regarder les formes *miniature* comme typiquement tropicales.

Conclusion. — Les fracturations de gélivation, la large répartition des dépôts de pente, l'existence de poches de solifluction et de sols striés à basse altitude dans les formations quaternaires de la Bigorre obligent à admettre que cette région a subi, à un moment du Quaternaire que j'essaierai de préciser ultérieurement, un climat rigoureux, semblable pour le froid et l'humidité à

---

(1) Y. Guillien, *Gel et dégel du sol* (*Information géographique* n° 5, 1949).

celui qui règne acuellement au Spitzberg et en Islande. Nous sommes ainsi amenés à reculer notablement la limite méridionale des indices de climat périglaciaire quaternaire.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur le Crétacé inférieur du Sud-Ouest des Alpes Maritimes.* Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Plusieurs mois de recherches dans le Sud-Ouest des Alpes Maritimes me permettent d'apporter un complément d'informations sur la stratigraphie, la paléogéographie des terrains crétacés et la structure géologique. Dans la partie externe de l'*Arc de Castellane*, nos connaissances sur les terrains crétacés antérieurs à l'Hauterivien se bornaient à l'existence, à Andon, de calcaires à *Natica leviathan* (W. Kilian), berriasiens ou valanginiens, et, à Escragnolles, de marnes jaunâtres à faune mixte du Valanginien et de l'Hauterivien (A. Guébhard et W. Kilian). L'Hauterivien et le Barrémien étaient mieux connus.

J'ai limité mes explorations à la vallée de la Lane, au Nord, et aux plateaux qui dominent immédiatement Grasse, au Sud. C'est le Valanginien qui m'a fourni le plus de renseignements.

Au Nord d'Escragnolles, au pied Sud de l'Audibergue, des calcaires bicolores, transgressifs sur les calcaires blancs, corrodés et oxydés, m'ont donné *Neocomites platycostatus* du Valanginien supérieur.

Au Sud des Montagnes de l'Hubac et de l'Audibergue, dans le vallon de Monegon, des calcaires blanc grisâtre, riches en Lamellibranches : *Trigonia caudata*, etc. du Valanginien, reposent sur le Jurassique supérieur raviné, rubéfié et criblé de perforations.

Au Nord, dans la vallée du Loup et à Andon, il y a passage continu du Tithonique au Valanginien, lequel est constitué par des calcaires grisâtres et crayeux, riches en Lamellibranches : *Trigonia caudata, Pinna robinaldia*, etc., avec quelques Ammonites : *Neocomites neocomiensis, N. teschenensis, Kilianella boissieri, Astieria astieri, A. guebhardi*, appartenant à tout l'étage. J'ai suivi ces formations d'Ouest en Est sur 7^{km}, depuis la dépression qui fait communiquer la plaine de Caille avec Séranon; elles supportent en concordance les calcaires à *Acanthodiscus radiatus* de l'Hauterivien inférieur.

Au Nord-Ouest de Caille, du Néocomien très disloqué affleurant au Sud du Col Bas, contient du Valanginien calcaire avec Lamellibranches et Ammonites; j'ai recueilli là : *Pinna robinaldia, Neocomites cf. platycostatus, N. neocomiensis* var. *subquadrata, Astieria guebhardi.*

Sur le versant Sud du Bauroux, près du contact du Jurassique supérieur, des marnes jaunes avec lits calcaires m'ont donné des Bélemnites, des Huîtres, *Toxaster granosus, Zeilleria tamarindus, Rhynchonella cf. multiformis* (forme valanginienne) et *Terebratula sella.*

Plus à l'Est, à la Commanderie, les calcaires du Jurassique supérieur oxydés supportent deux mètres de calcaires blancs corrodés et rubéfiés sur lesquels transgressent des calcaires gris marneux en plaquettes contenant *Hoplites sp., Astieria sayni* et *A. guebhardi;* faune qui indique le passage du Valanginien à l'Hauterivien.

Encore plus à l'Est, dans le vallon de l'Hubac des Quatre Tours, le Jurassique blanc supporte une série de calcaires crayeux avec lits gris caractérisés par *Toxaster granosus*, *Rhynchonella cf. multiformis*, *Pinna robinaldia*, *Neocomites neocomiensis*, *Kilianella boissieri*, *Astieria guebhardi*, *A. cf. astieri*.

Enfin, au Nord-Nord-Est de Valderoure, des calcaires disloqués et broyés, crayeux à leur base, qui m'ont fourni des Ammonites écrasées : *Valanginites cf. perinflatus*, *Astieria cf. guebhardi* et *A. cf. atherstoni* indiquant le Valanginien supérieur ou son passage à l'Hauterivien, appartiennent à tout le Néocomien et au Barrémien.

Ces observations montrent que la régression post-jurassique n'a pas été générale : au Sud de la Montagne de Bleine elle aurait épargné la vallée supérieure du Loup, la Montagne de l'Hubac, la plaine de Caille et certaines parties de la vallée de la Lane (vallon de l'Hubac des Quatre Tours); cependant qu'elle s'est poursuivie jusqu'au sommet du Valanginien au Sud de l'Audibergue. A noter que, même sur cette étendue, quelques ilots restèrent émergés jusqu'à l'Hauterivien (c'est le cas du haut vallon de l'Audibergue, où l'Hauterivien à *Pholadomya gigantea* repose sur le Jurassique supérieur) et que d'autres points ont été recouverts par des eaux très peu profondes, versant Nord du Bauroux, où le Valanginien est représenté par des marnes à Huîtres, Oursins et Brachiopodes.

Par ailleurs, la transgression néocomienne déjà amorcée au Valanginien s'étendit assez loin vers le Sud, où l'Hauterivien repose sur le Jurassique supérieur corrodé, criblé de perforations et fortement oxydé. Une bonne coupe de cet Hauterivien se voit au Nord-Ouest de Caussols où, sur 15^{m} de hauteur, cet étage, plus calcaire à la base et au sommet, débute transgressivement par des calcaires à *Acanthodiscus radiatus* et se termine sous le Barrémien par des marnes grises, très fissiles, contenant *Toxaster gibbus*, *T. cf. neocomiensis* et *Rhynchonella multiformis* var. *rotundicosta*. A. Gourdon, à l'avant de la transgression, l'Hauterivien est représenté par des marnes bleutées à *Crioceras cf. Duvali*, Oursins et Brachiopodes (Ch. Jacob et A. Guébhard) et par des marnes noirâtres, affleurant sous le Cénomanien transgressif, qui m'ont donné *Rhynchonella multiformis* var. *castellanensis*.

Le Barrémien correspond à une stase de la mer, suivie par une régression qui s'est étendue au Nord de la Lane, à l'exception de la vallée du Loup, où j'ai observé, entre les bastides de la Vallette, des calcaires marneux bedouliens passant aux calcaires barrémiens.

En résumé, on peut maintenant dégager les conclusions ci-après : le Crétacé inférieur présente, suivant des bandes sensiblement Ouest-Est, dans la région des hauts plateaux au Nord de Grasse, des faciès isopiques à caractères littoraux et néritiques qui ont été déterminés par quatre facteurs :

1° présence d'un substratum calcaire;

2° faible profondeur de la mer;

3° stabilité relative de l'écorce terrestre, caractérisée par l'absence de grandes transgressions et de poudingues;

4° proximité des massifs du Tanneron et de l'Estérel, encore recouverts de leur revêtement calcaire.

En outre, l'existence au Valanginien de faunes à affinités provençales et dauphinoises dans une zone étroite jalonnée par la plaine de Caille et la Vallée du Loup, indique la présence sur cet emplacement d'une dépression éocrétacée en liaison par l'Ouest avec la Fosse vocontienne.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Vitesses des mouvements du sol au Chambeyron* (*Basses-Alpes*). Note de MM. **Jean Michaud** et **André Cailleux**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Jusqu'ici, les vitesses de déplacement des pierres dans les principaux types de formations superficielles en haute montagne n'avaient jamais été mesurées en France et très peu à l'étranger (¹). Pour combler cette lacune, et en liaison avec les Expéditions Polaires françaises (Missions P.-E. Victor), nous avons implanté des repères (marques à la peinture, pierres peintes, plaquettes d'aluminium) dans la localité classique (²) du Chambeyron, par Serennes (Basses-Alpes). Altitude 2700 à 2800^m. Lat. N. 44°50′. Matériel : calcaire et flysch. Entre août 1947 et août 1949, les résultats ont été les suivants :

Sols polygonaux. — Sur 6 sols étudiés, 4 n'ont montré aucune modification certaine. Sur un 5e sol, des pierres avaient été implantées dans différentes positions à des distances déterminées entre le centre du polygone et les bords. Elles se sont déplacées vers la périphérie de 0,5 à 4^{cm} et se sont disposées à plat. Sur un dernier sol, 4 pierres dressées en surface au centre du polygone en 1947 ont été retrouvées respectivement à des profondeurs de 0, 4, 10 et 13^{cm} et leur centre de gravité à des distances du centre du polygone respectivement égales à : 10, 5, 10 et 10^{cm}.

Sols striés. — Deux sols ont été marqués : sur l'un d'eux, aucun mouvement n'a pu être décelé. L'autre avait été bouleversé en 1947 sur la moitié de sa surface et les pierres mélangées aux parties fines, l'autre moitié servant de témoin. Or, en 1949, le sol était entièrement reconstitué, les stries nouvelles dans le prolongement des stries du témoin. Ainsi se trouve établie pour la première fois, expérimentalement, la grande rapidité de formation de certains sols structuraux (³).

(¹) Chaix, *Soc. Géogr. de Genève*, 1942; Dege, *Zeitschrift für Geomorphologie*; (E. de) Martonne, *La Géogr.*, II, 1920, p. 258-267; Kesseli, *The geogr. Rev.*, XXXI, n° 2, 1941

(²) Gignoux, *Bull. Soc. Scient. du Dauphiné*, 56, Grenoble, 1937; Demangeot, *Rev. Géogr. Alpine*, 2, 1941; Cailleux, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1er mars 1948, p. 92-93.

(³) Cailleux, *Études de cryopédologie*, Paris, 1948.

Coulées de blocailles. — Sur 5 marques, 2 ont bougé. L'une d'elles est composée de deux traînées parallèles, l'une faite de gros blocs ($L > 300^{mm}$), l'autre de pierres ($10 < L < 50^{mm}$). Les gros blocs ont progressé vers l'aval de 3^{cm} au maximum, les pierres de 5^{cm}. Dans chacune des deux traînées, la vitesse, maximum vers le centre, décroît et s'annule vers les bords.

Glacier rocheux. — Le front du glacier rocheux a progressé en tous les points étudiés ([4]) respectivement de 44, 130, 46, 50, 10^{cm}. La progression minimum a été enregistrée sur un petit relief en voie de recouvrement par le glacier rocheux. La progression maximum a été mesurée dans la dépression du Lac Long. Ce lac, entier en 1891, lors du lever de la carte, est maintenant presque complètement divisé en deux par l'avancée du front. Au N.-E., le sentier longeant le front en plusieurs endroits a dû être progressivement dévié. Le petit lac de la cote 2794 est envahi; la comparaison avec le plan directeur au 1/20000 levé en 1891 montre que le glacier rocheux a progressé là d'une centaine de mètres en 58 ans. Sa progression (peut-être par glissement sur un résidu de glace sous-jacent encore visible en amont) est d'autant plus remarquable que tous les glaciers proprement dits des Alpes sont au contraire en nette régression. D'après Mlle Anne Faure-Muret ([4]) les glaciers rocheux du massif de l'Argentera-Mercantour sont actuellement immobiles.

Éboulis de gravité. — Les marques avaient été faites au tiers supérieur de la pente. 68 blocs n'ont pas bougé; 11 ont bougé de 5 à 450^{cm}. Quatre séries de pierres plus petites ont bougé de 1 à 200^{cm}. La progression plus importante des plus gros blocs est bien en accord avec leur accumulation vers le pied de l'éboulis, souvent décrite ailleurs et vérifiée ici.

Conclusions. — Sans doute, d'importantes variations dans l'ampleur des mouvements s'observent d'un point à l'autre, probablement en fonction des conditions microclimatiques qui, en une année donnée, permettent ou ne permettent pas la mobilisation des structures. Mais au total, de 1947 à 1949, trois sur cinq environ des sols étudiés ont bougé. Les déplacements atteignent des valeurs considérables, jusqu'à 130 et même 450^{cm} en deux ans. Ils sont probablement du même ordre dans bien d'autres secteurs de haute montagne, au-dessus de 2600 à 2800^{m}, car la localité du Chambeyron paraît présenter seulement des conditions favorables, mais non pas exceptionnelles. Les mouvements mesurés par nous seraient, sans aucun doute, susceptibles de menacer la stabilité des ouvrages et terrassements à entreprendre en haute montagne et les ingénieurs auront intérêt à en tenir compte. Ces mesures et expériences seront poursuivies et étendues dans les années à venir.

([4]) *Compte rendu somm. S. G. F.*, p. 118-120, (4 avril 1949).

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Déterminations physicochimiques en Mer du Nord.* Note (*) de M. **Robert Darmois** et Mme **Jacqueline Darmois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans des Notes précédentes ([1]), ([2]), ([3]), nous avons déterminé les rapports η_{sp}/S (viscosité spécifique/salinité) des eaux méditerranéennes au large de Monaco et de Banyuls. Ces rapports que nous avons appelés coefficients de pureté étant sensiblement les mêmes, nous avons établi leur moyenne $2,117.10^{-3}$ à 20°.

Au cours d'une récente croisière en mer du Nord à bord du *Président Théodore Tissier*, navire océanographique de l'Office des Pêches, nous avons déterminé la viscosité de 25 échantillons prélevés à différentes stations dont la position est indiquée dans le tableau et à des profondeurs P rarement inférieures à 20^m pour éliminer les eaux de surface toujours agitées et moins homogènes. Pour la première fois, nous avons fait les mesures en mer à l'aide du dispositif thermostatique déjà décrit que nous avons adapté aux moyens du bord.

Les mesures viscosimétriques, faites dans des zones très différentes, ont donné pour $(\eta_{sp}/S)10^3$ une moyenne de 2,197 à 28° (ou 2,134 à 20°), soit une augmentation de 0,017 comparativement aux eaux méditerranéennes. L'écart moyen des mesures actuelles 0,019 est assez faible. Les calculs ont été faits à partir des salinités S qui nous ont été communiquées par l'Office des Pêches. Le tableau donne les valeurs obtenues à 28° pour la viscosité relative η_r, le quotient η_{sp}/S et la viscosité absolue η (exprimée en centipoises) dont la valeur moyenne 0,900 est légèrement inférieure à celle de la Méditerranée à la même température. Nous donnons, à titre d'indication, les températures *t in situ*.

L'examen de ce tableau montre que les prélèvements spécialement effectués dans les pêcheries, comme les n°s 8, 14 et 15 (Silver Pit et Fladen), ont un coefficient de pureté du même ordre que les autres. On pourrait s'attendre pour ces échantillons à des valeurs plus grandes, la présence de nombreux merlans ayant pu augmenter la teneur de l'eau de mer en matières organiques en solution, telles que les acides aminés. On voit qu'il n'en est rien et ce résultat important est à rapprocher de celui que nous avons obtenu antérieurement au large de Banyuls ([2]) dans une zône d'agglomération de Posidonia. La teneur de l'eau de mer en matières organiques dissoutes ne semble donc pas affectée, tout au moins dans les régions étudiées, par une plus grande richesse en êtres vivants, animaux ou végétaux.

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1157.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 740.

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 417.

TABLEAU.

Prélèvements. N^os.	Dates.	Latit. N.	Long. E (Gr.).	P (m).	t (°C).	S.	η_r à 28°.	η à 28°	$(\eta_{sp}/S)10^3$.
		°	°						
1	25– 9–48....	50,46	1,29	20	16,4	34,58	1,07589	0,899	2,195
2	25–	51,06	1,29	40	16,1	35,16	07707	900	192
3	26–	51,30	1,59	40	16,1	35,23	07740	901	197
4	26–	52,00	2,11	40	16,1	35,21	07679	900	181
5	26–	52,00	3,02	25	16,2	35,07	07698	900	195
6	26–	53,08	2,34	25	15,3	34,23	07507	899	193
7	27–	53,31	1,59	20	14,0	34,42	07566	899	198
8	27–	54,00	2,09	25	14,7	34,43	07700	900	236
9	27–	54,13	1,36	25	13,6	34,52	07712	900	234
10	28–	56,01	1,41	75	7,4	34,83	07636	900	192
11	28–	56,30	1,37	50	12,2	34,96	07803	901	232
12	28–	56,30	1,37	75	7,6	34,05	07622	900	238
13	29–	57,55	0,47	140	9,0	35,43	07635	900	155
14	29–	58,12	1,31	25	11,4	35,25	07616	900	161
15	29–	58,12	1,31	75	9,9	35,25	07702	900	185
16	30– 9–48....	57,54	4,19	75	8,2	35,30	07837	902	220
17	1–10–48....	57,55	6,55	100	10,0	34,78	07659	900	202
18	1–	57,55	6,55	300	7,2	35,16	07732	901	199
19	1–	57,55	8,08	1	13,3	32,14	07293	897	269
20	1–	57,55	8,08	50	10,2	34,88	07569	899	170
21	1–	57,55	8,08	300	6,5	35,39	07627	900	155
22	2–	57,52	9,06	25	12,3	34,04	07502	899	204
23	2–	57,52	9,06	200	8,2	35,25	07720	901	190
24	2–	57,50	10,03	25	12,6	33,57	07251	897	160
25	2–10–48....	57,50	10,03	50	12,6	34,04	1,07359	0,898	2,162

Nos mesures montrent que cette teneur est un peu plus élevée en mer du Nord qu'en Méditerranée. Elle reste néanmoins assez faible, le coefficient de pureté moyen ($2,134.10^{-3}$ à 20°) étant encore peu éloigné de celui de l'eau synthétique ($2,012.10^{-3}$ à 20°).

HYDROLOGIE. — *Sur la présence du soufre libre à l'état colloïdal dans certaines sources sulfurées sodiques de Luchon (Haute-Garonne).* Note (*) de MM. VINCENT BRUSTIER et HENRI GARCIA-FERNANDEZ, présentée par M. Paul Lebeau.

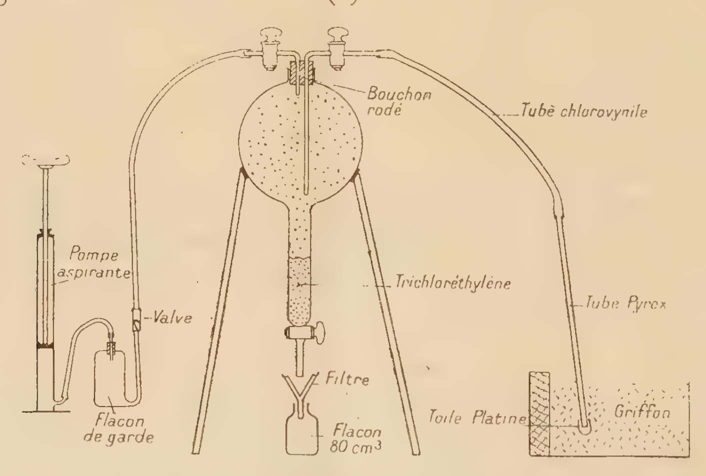
Au cours d'un travail précédent, effectué en collaboration avec M. le Professeur P. Valdiguié, nous avons montré l'existence du soufre libre à l'état

(*) Séance du 2 janvier 1950.

pseudo-dissous dans la plupart des sources sulfurées sodiques d'Ax-les-Thermes (Ariège) (1).

Ce soufre colloïdal se trouve à l'émergence et avant tout contact avec l'air. Il résulte des observations faites antérieurement par divers auteurs et de nos propres travaux que la couleur bleuâtre de l'Eau Bleue d'Ax-les-Thermes, de l'eau de Morgovejo (Léon, Espagne), l'opalescence des sources Longchamp (Ax), Blanche et Richard (Luchon) et de la lactescence de la Fontaine du Lait de Champoléon (Hautes-Alpes) sont produites par des sols de soufre d'un degré de dispersion variable. Les très fines suspensions observées en faible masse sont pratiquement incolores [source Viguerie (Ax-les-Thermes), source Bayen (Luchon)].

Rappelons brièvement la technique utilisée pour la détection du soufre. Cinq litres d'eau captée à l'émergence et le plus profondément possible, sont épuisés au griffon par 80^{cm^3} de trichloréthylène dans une ampoule à séparation en verre pyrex. Le solvant enlevé et filtré sur papier épais, afin de supprimer les traces d'eau, est évaporé au bain-marie à sec et le résidu est dissous dans l'acétone pure. Les solutions acétoniques donnent, avec un réactif alcalin (1 % de KOH pure dans l'alcool méthylique pur) des cétosols verts de soufre, plus ou moins foncés suivant la quantité de soufre séparée par le solvant. Il en résulte que le dosage peut être fait avec un électrophotomètre étalonné au moyen de solutions de concentration connue de soufre pur dans l'acétone que l'on fait réagir avec le réactif alcalin (2).



Nous avons employé cette technique pour l'étude des sources sulfurées sodiques de Luchon (Haute-Garonne). Les prélèvements ont été effectués avec un appareillage spécialement étudié pour empêcher tout contact avec l'air et éviter ainsi une possible néoformation de soufre libre par oxydation. La figure

(1) V. Brustier, P. Valdiguie et H. Garcia-Fernandez, *Bull. Ac. Nat. de Médecine*, 1948, p. 425.

(2) H. Garcia-Fernandez, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 344 et 226, 1948, p. 1908.

schématise notre méthode. L'ampoule à décantation en Pyrex, qui contient le solvant est remplie d'azote pur. On fait monter l'eau minérale par aspiration avec une pompe. Un tube en verre Pyrex, muni à son extrémité d'une fine toile de platine (destinée à empêcher l'entrée des barégines), est introduit le plus profondément possible dans le griffon. Ce tube est relié à l'ampoule par un autre tube en matière plastique au chlorovinyle (le caoutchouc ordinaire, étant vulcanisé, risquerait de laisser entraîner du soufre libre). L'ampoule remplie, on remplace une partie de l'eau par de l'azote pur pour faciliter le brassage et le contact du solvant avec l'eau minérale. On agite énergiquement. On laisse ensuite déposer le solvant qu'on recueille, après filtration, dans un flacon. Le reste du travail se fait au laboratoire.

Les résultats obtenus dans 12 sources de la station thermale de Luchon (Haute-Garonne) sont donnés dans le tableau ci-après par ordre décroissant de teneur en soufre libre.

Nos.	Source.	pH.	Température.	Soufre (mg/l).	Soufre libre (γ/l).
1.	Grotte Supérieure	8,4	59°	25,6	2291
2.	Blanche n° 1	8,65	58,5	22,4	77
3.	Richard n° 2	8,8	43	22,6	50
4.	Bordeu n° 1	8,6	»	14,8	24
5.	Les Romains	9	50,5	30,8	18
6.	Azémar	8,85	53,2	22,7	13
7.	Pré n° 2	9	51	26	13
8.	Bosquet n° 2	9	46,8	25,7	11
9.	Bayen	9,1	62,6	30,3	3
10.	Reine n° 1	8,8	57	28,3	0
11.	Le Saule n° 3	9,2	51,7	30,05	0
12.	Bayen (24 heures après le prélèvement)	–	20	–	0

En résumé, aucune relation n'apparaît entre la teneur en soufre total et celle en soufre libre. La température et le pH ne semblent jouer aucun rôle. Il est permis de supposer que le soufre libre a, comme les autres composés sulfurés, une origine profonde; il est instable et disparaît par oxydation. Il est vraisemblable qu'il intervient dans l'action thérapeutique des eaux sulfurées sodiques. Les quantités de soufre libre sont, pour la plupart, comprises entre 3 et 77 γ par litre; la teneur de 2291 γ de l'eau de la source Grotte supérieure est tout à fait exceptionnelle.

MYCOLOGIE. — *Sur la perte de fonction de synthèse de l'aneurine ou de ses constituants par quelques champignons pathogènes.* Note de MM. **Édouard Drouhet** et **François Mariat**, présentée par M. Joseph Magrou.

Le problème de la perte de fonctions de synthèse chez les champignons a suscité de nombreuses recherches; pourtant, chez les champignons pathogènes

Groupe.	Champignons cultivés.	Croissance (*). Milieu témoin	Facteurs de croissance ajoutés. Thiazole. 10^{-7}.	Pyrimidine. 10^{-7}.	Thiazole. + pyrimidine.	Aneurine. 10^{-7}.	Synthèse de (**) Thiazole.	Pyrimidine.	Aneurine (***).
I	*Coccidioides immitis*	o	o	o	o	o	o	o	o
II	*Torulopsis neoformans* I. P., 48 et 51	o	o	o	+	+	o	o	+
	Lichtheimia italica								
III	*Sporotrichum Beurmanni* I. P.	o	o	+	+	+	+	o	+
	» *Schenkti* Conant								
	» » 879								
	» » *Beurmanni*								
	» *tropicale*								
IV	*Candida albicans* I. P.	±	±	±	±	±	+	+	+
	» » Langeron								
	» *Brumpti*								
	» *para krusei*								
	» *tropicalis*								
V	*Candida Krusei*	+	+	+	+	+	+	+	+
	Hormodendron pedrosoi								
	Histoplasma capsulatum								
	Aspergillus fumigatus								
	Sterigmatocystis nidulans								
	Mucor corymbifer								

(*) o = Croissance nulle ou extrêmement réduite; ± = Croissance réduite; + = Croissance abondante.
(**) o = Absence de synthèse; + = Synthèse.
(***) A partir de la pyrimidine et du thiazole endogènes ou exogènes.

pour l'Homme ou l'Animal, ce même problème n'a été que rarement abordé. Schopfer, Robbins, Burkholder entre autres ont reconnu la nécessité de facteurs de croissance pour quelques-uns de ces champignons.

Nous avons, au cours des travaux qui font l'objet de cette Note, étudié systématiquement un certain nombre de champignons pathogènes du point de vue de la biosynthèse de l'aneurine et de ses constituants. Ces champignons proviennent de la collection du Service de Mycologie de l'Institut Pasteur.

Les cultures ont été faites sur un milieu synthétique de base comprenant : *l*-asparagine synthétique : $1^g,0$; $SO_4Mg\,7H_2O$: $0^g,5$; PO_4H_2K : $1^g,5$; glucose traité par le charbon activé (Norit A) : 30^g; eau distillée dans le Pyrex : 1000^g. Chacun des champignons en expérience est mis en culture sur la série des milieux suivants : milieu de base (témoin); milieu de base + thiazole (4-méthyl 5-hydroxyéthyl-thiazole) à la concentration 1.10^{-7}; milieu de base + pyrimidine (2-méthyl-5-bromo-méthyl-6-aminopyrimidine) 1.10^{-7}; milieu de base + aneurine : 1.10^{-7}. Les cultures sont portées à l'étuve à 25° et la croissance a été évaluée après un temps d'incubation variant suivant les espèces. Cette évaluation a été déterminée d'après la densité optique (néphélémétrie) pour les champignons levuriformes et d'après le poids sec de mycélium pour les champignons filamenteux.

Dans le tableau ci-contre, nous résumons ces résultats complétés par l'estimation de la biosynthèse de l'aneurine ou de ses constituants à l'aide du test *Phycomyces Blakesleeanus* [1].

L'examen de ce tableau nous permet de constater que :

1° Dans les conditions de l'expérience, *Coccidioides immitis*, champignon hautement pathogène, n'a donné aucune croissance et, en conséquence, pas de synthèse de l'aneurine.

2° Les champignons du groupe II (*Torulopsis neoformans* et *Lichtheimia italica*) nécessitent comme facteurs de croissance le thiazole et la pyrimidine, par suite de la perte de la fonction de synthèse de ces deux produits. Mais, par l'apport exogène des deux constituants de l'aneurine, ils peuvent réaliser la synthèse de cette vitamine.

3° Les *Sporotrichum* (groupe III) ont conservé le pouvoir de réaliser la synthèse du thiazole, mais exigent la pyrimidine comme facteur de croissance pour mener à bien la synthèse de l'aneurine.

4° Le groupe des *Candida* pour lesquels la biotine est nécessaire à une croissance normale [2] ont, sur nos milieux dépourvus de ce facteur, donné une culture réduite en l'absence ou en présence de l'aneurine et de ses constituants et réalisé une très faible synthèse de la vitamine B 1.

---

(1) W. H. Schopfer, *Arch. f. Mikrob.*, 5, 1934, p. 513.

(2) W. H. Schopfer, *Rev. suisse Pathol. Bactériol*, 8, 1945, p. 441.

5° Les champignons du groupe V sont doués du pouvoir de synthèse de la vitamine B 1 et de ses constituants.

En conclusion, il ressort de nos expériences que les champignons nécessitant pour leur croissance l'aneurine ou ses constituants (*Torulopsis neoformans, Lichtheimia italica, Sporotrichum Beurmanni, Sp. Schenki, Sp. tropicale*) sont parmi les plus pathogènes, ce qui viendrait à l'appui de l'hypothèse soutenue par Lwoff [3] d'une relation possible entre la perte des fonctions de synthèse et le parasitisme.

ALGOLOGIE. — *Sur l'existence d'une alternance de générations entre l'*Halicystis parvula *Schmitz et le* Derbesia tenuissima (*De Not.*) *Crn.* Note (*) de M. **Jean Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

L'*Halicystis parvula* Schmitz, longtemps rapproché à tort des *Valonia*, et le *Derbesia tenuissima* (De Not.) Crn. sont deux Siphonales marines assez répandues dans la Méditerranée. L'*Halicystis parvula*, qui se présente sous l'aspect de vésicules piriformes pouvant atteindre la taille d'un pois, implantées par leur base dans les tissus des Corallinacées, produit, par transformation d'une partie du contenu des vésicules, des gamètes hétérogames biciliés. Le *Derbesia tenuissima* constitue des filaments cylindriques, très fins et ramifiés, portant latéralement des sporocystes qui mettent en liberté des zoospores très particulières pourvues d'une couronne de cils. La structure cytologique de ces deux Algues est très semblable ; elle est caractérisée en particulier par des plastes en plaquettes ovales ou fusiformes, de grande taille, pourvues d'un pyrénoïde, rappelant tout à fait ceux des *Bryopsis*.

L'élevage, depuis deux ans, d'individus d'*Halicystis parvula* récoltés les uns dans la Manche, près de Roscoff, les autres dans la Méditerranée aux environs d'Alger, m'a permis d'observer la reproduction sexuée de cette Algue, qui s'effectue de la même manière que chez l'*Halicystis ovalis* (Lyngb.) Aresch. où elle a été étudiée en particulier par Hollenberg [1].

L'*Halicystis parvula* est dioïque et les gamètes mâles et femelles se forment et sont émis simultanément par tous les individus fixés sur un même fragment d'Algue calcaire, à intervalles réguliers coïncidant avec les phases de la Lune, comme l'avait également observé Hollenberg pour l'*Halicystis ovalis*.

Les zygotes formés germent immédiatement en produisant des filaments cylindriques siphonés qui, au bout de quelques mois, forment des touffes de filaments ramifiés, dressés, portant des sporocystes insérés latéralement et tout

---

(3) *L'évolution physiologique*, Paris, 1943.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *Amer. J. Bot.*, 23, 1936, p. 1-3.

à fait identiques à ceux connus depuis longtemps chez le *Derbesia tenuissima*. Cette Algue représente donc bien, comme nous l'avions supposé précédemment, Mme Feldmann et moi ([2]), le sporophyte de l'*Halicystis parvula* qui, lui, est le gamétophyte.

Ces observations sont à rappocher de celles de Kornmann ([3]) qui, ayant étudié une autre couple d'espèces (*Halicystis ovalis*, *Derbesia marina*), différant en particulier de celle que nous avons étudiée par la forme de leurs plastes très petits et dépourvus de pyrénoïde, avait constaté que les zoospores de *Derbesia marina* donnaient finalement naissance à des vésicules productrices de gamètes qu'il a identifiées à l'*Halicystis ovalis*.

Mes observations confirment donc et permettent d'étendre à l'ensemble des deux genres, les conclusions de Kornmann qui s'étaient heurtées jusqu'ici à un certain scepticisme; la morphologie des deux tronçons du cycle et surtout des éléments reproducteurs mobiles (zoospores stéphanocontées chez *Derbesia*, gamètes isocontés chez *Halicystis*) étant très différente.

Bien que les observations cytologiques ne m'aient pas encore permis de localiser la méiose dans le cycle, il est vraisemblable que celle-ci se produit au moment de la formation des zoospores chez le *Derbesia* et que l'alternance de générations s'accompagne d'une alternance de phases.

Toutefois, il est probable, à en juger par la pullulation rapide que l'on observe parfois du *Derbesia tenuissima* produisant des zoospores, que celles-ci peuvent, dans certains cas, se former sans méiose et qu'elles sont alors capables de donner directement naissance à de nouveaux *Derbesia*.

Cette apoméiose pourrait peut-être même être constante chez certains *Derbesia*, comme le *Derbesia Lamourouxii* Solier, dont on ignore le gamétophyte et qui paraît susceptible de se reproduire indéfiniment semblable à lui-même par zoospores.

PHYSIOLOGIE. — *Peut-on considérer l'acide folique et la biotine comme des facteurs adjuvants de l'acide pantothénique?* Note de Mme **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

En 1944, Wright et Welch ont montré que l'administration d'acide folique et de biotine à des rats dont le régime renferme 2 % de succinylsulfathiazol fait disparaître la diminution du taux hépatique d'acide pantothénique provoquée par le succinylsulfathiazol. Ils en ont conclu à la possibilité d'une intervention de l'acide folique et de la biotine dans l'utilisation de l'acide pantothénique par l'organisme animal ([1]).

([2]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 93, 1946, p. 234-237.

([3]) *Planta. Arch. f. wiss. Bot.*, 28, 1938, p. 464-470.

([1]) *Journ. of Nutr.*, 27, 1944, p. 55.

Au cours de nos récentes recherches sur l'hypervitaminose PP, nous avons observé des faits qui semblaient confirmer en partie cette hypothèse : nous rappelons, en effet, que l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique fait apparaître, chez le Rat, des troubles qui rappellent nettement les symptômes les plus caractéristiques d'une carence en acide pantothénique, troubles qu'une administration prolongée d'acide pantothénique peut faire disparaître, *à la condition d'être acccompagnée d'une administration d'acide folique* (²).

Nous avons entrepris de nouvelles recherches en vue de savoir si *l'acide folique seul*, ou le mélange *acide folique-biotine*, permet une meilleure utilisation physiologique de l'acide pantothénique, dans le cas précis où celui-ci est administré, *à faible dose*, à des animaux qui en avaient tout d'abord été privés pendant une longue période.

Technique. — 25 jeunes rats mâles pesant de 40 à 50ᵍ ont été répartis en deux lots.

Les animaux du lot I (10 témoins positifs) ont été soumis à un régime alimentaire purifié à base de caséine dévitaminée à l'alcool (18 %), d'huile d'arachide (10 %), de saccharose (68 %), de mélange salin d'Osborne et Mendel (4 %), et de papier filtre (à volonté). L'huile d'arachide employée fut additionnée de 1 % d'huile de foie de morue titrant 2 000 U. I. de vitamine A et 500 U. I. de vitamine D par centimètre cube, et de 0,015 % d'α-tocophérol. Les vitamines hydrosolubles ont été introduites, dans le régime, aux doses suivantes : par kilogramme de régime, 2^{mg} de thiamine, 3^{mg} de riboflavine, $2^{mg},5$ de pyridoxine, 50^{mg} d'amide nicotinique, 10^{mg} de pantothénate de calcium, 1000^{mg} de chorure de chloline, 1^{mg} de méthylnaphtoquinone hydrosolubilisée.

Les animaux du lot II, au nombre de 15, ont été soumis au même régime privé d'acide pantothénique. Nos expériences, qui ont duré 200 jours, ont présenté, pour ce lot, quatre périodes :

Première période (du 1ᵉʳ au 60ᵉ jour). — Les animaux ont été soumis au régime ci-dessus mentionné.

Deuxième période (du 61ᵉ au 110ᵉ jour). — Les animaux du lot II ayant cessé de croître depuis une dizaine de jours, nous les avons partagés en trois groupes de cinq, qui ont reçu chaque jour, par voie orale, les suppléments vitaminiques suivants :

	Lot II_a.	Lot II_b.	Lot II_c.
Pantothénate de calcium	20 μg (³)	20 μg (³)	–
Acide folique	–	100 μg	100 μg

Troisième période (du 111ᵉ au 120ᵉ jour). — Période en tous points semblable à la première.

(²) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 367 et p. 399.

(³) La vitesse de croissance du rat n'est maxima que si son régime renferme au moins $100^{\mu g}$ d'acide pantothénique par kilogramme.

Quatrième période (du 121e au 200e jour). — Les trois groupes de 5 animaux du lot II qui avaient été établis au cours de la deuxième période, ont reçu, par voie orale, les nouveaux suppléments vitaminiques suivants :

	Lot II_a.	Lot II_b.	Lot II_c.
Pantothénate de calcium	20 μg	20 μg	
Acide folique....................	–	100 μg	100 μg
Biotine	–	5 μg	5 μg



Résultats et conclusions. — Dans les conditions de notre expérience, ni l'acide folique, ni l'association acide folique-biotine, n'ont paru capables d'améliorer la reprise de croissance provoquée par de faibles doses d'acide pantothénique chez des animaux préalablement carencés en ce facteur vitaminique (voir *le graphique*). Cependant, nous ne croyons pas possible de conclure, de ce seul fait, que l'acide folique et la biotine n'interviennent pas dans l'utilisation de l'acide pantothénique par l'organisme. La composition du régime que nous avons utilisé étant nettement différente de celle des régimes qui avaient permis d'envisager l'existence d'une telle intervention, il n'est pas interdit de penser que celle-ci est sous la dépendance de conditions d'équilibre alimentaire bien définies, qu'il faudrait déterminer.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Sur l'extension possible du principe de Le Châtelier aux organismes vivants.* Note de M. **Théophile Cahn**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Un organisme est maintenu en vie par le jeu simultané de plusieurs fonctions qui ont des caractéristiques fort différentes. Chacune des fonctions possède un appareil spécialisé, mais tous leurs éléments constitutifs (tissus, cellules)

doivent, pour se maintenir en vie, garder l'ensemble des activités correspondant à toutes les fonctions; le tube digestif et ses annexes constituent ainsi l'appareil principal de la fonction digestive mais toutes les parties de l'organisme effectuent les mêmes processus : dégradations et synthèses fermentaires, absorption, excrétion; les poumons et leurs annexes forment l'appareil principal de la fonction respiratoire mais chaque partie de l'organisme fixe l'oxygène sur un pigment et cède de l'acide carbonique, etc.

Les caractéristiques et les vitesses de réaction varient considérablement d'une fonction à une autre; on peut citer à cet égard le réflexe musculaire, un réflexe vasomoteur, une réaction hémoclasique, une réaction métabolique telle que la libération de glycogène par exemple, etc. Une même fonction peut contenir des éléments ayant des vitesses de réaction différentes, tels que le cœur et les capillaires; l'ensemble d'une fonction se présente toutefois comme une unité et ceci grâce à une régulation interne qui est souvent réalisée par l'intermédiaire du système nerveux cérébro-spinal ou sympathique.

Chaque fonction, par suite de ses caractéristiques propres, présente une certaine autonomie; chacune doit, pour la bonne marche de l'ensemble, s'adapter à tout instant, directement ou indirectement, à toutes les autres fonctions de l'organisme; les nerfs vaso-moteurs en modifiant le débit circulatoire selon l'activité d'un tissu assurent la répercussion d'une hyperactivité métabolique sur le système circulatoire qui, lui, amène des réactions du système respiratoire, etc... La régulation entre différentes fonctions se fait par les intermédiaires du système nerveux, des glandes à sécrétion interne, de messagers chimiques issus de l'activité des tissus; la constance de la composition du sang, bien que tous les tissus y puisent à tout instant les composés dont ils ont besoin et y rejettent leurs déchets, illustre l'efficacité de ces régulations. La survie d'un organisme n'est possible que grâce au déroulement régulier de ces interactions; on peut qualifier l'état normal d'un organisme comme le résultat du maintien d'un équilibre dynamique entre toutes les fonctions.

Il pourrait être utile, afin de tenter une systématisation des actions et réactions si complexes des organismes vivants, de leur appliquer un principe général établi par ailleurs, en laissant l'expérimentation décider si l'extension de ce principe constitue plus qu'un procédé didactique.

En considérant les fonctions comme les facteurs de l'équilibre interne des organismes et en assimilant cet équilibre dynamique complexe à l'équilibre thermodynamique des systèmes physiques et chimiques simples on peut essayer d'étendre le principe de Le Chatelier aux organismes vivants. Selon ce principe la perturbation d'un des facteurs participant à l'équilibre du système amène une réaction qui tend à s'opposer à l'action perturbatrice. Ce principe nous permet ainsi de prévoir une réaction de l'organisme global à la suite d'une perturbation apportée à l'une quelconque des fonctions et il nous indique aussi le sens de la réaction. La vasodilatation de réchauffement lors de

l'exposition d'une partie de la peau au froid ; la polyglobulie lors d'un séjour dans une atmosphère pauvre en oxygène ; l'hyperinsulinémie lors d'une variation rapide de la glycémie sont des exemples de ce type de réponses. Le grand nombre de fonctions et leurs interactions posent dans le cas des organismes des problèmes très particuliers et fort délicats.

Selon cette conception un organisme est considéré comme un système isolé en équilibre; une modification d'un des facteurs de l'équilibre doit se répercuter progressivement sur tous les facteurs jusqu'à l'établissement d'un nouvel équilibre. Une particularité essentielle des organismes consiste dans le fait que les vitesses de réaction varient considérablement d'une fonction à une autre; les répercussions de l'une sur l'autre peuvent ainsi durer pendant des temps longs et il peut même se faire qu'on ait des difficultés à reconstituer tous les maillons de cette chaîne d'interactions. Si un composé introduit dans un organisme suit une loi physico-chimique simple, telle que la diffusion par exemple, on peut en déduire qu'il ne trouble aucun équilibre, qu'il n'interfère avec aucun processus d'aucune fonction, qu'il est physiologiquement inactif. Lors de recherches sur les actions pharmacologiques d'agents thérapeutiques, c'est-à-dire agissant sur des fonctions, il faut rechercher attentivement des accidents tardifs dus à une action possible de ces produits sur des mécanismes qui relient entre elles différentes fonctions et dus surtout à des répercussions sur d'autres fonctions à temps de réaction plus lents.

BIOLOGIE. — *L'effet du cortisone sur la production du tissu de granulation chez le Lapin.* Note (*) de MM. **Charles Ragan, Edward L. Howes, Charles M. Plotz** et **James W. Blunt**, présentée par M. René Leriche.

Depuis que Hench et ses collaborateurs ont montré l'effet thérapeutique étonnant du cortisone et de l'hormone adréno-cortico-trophique dans l'arthrite rhumatismale, on a essayé l'action du produit dans un grand nombre de maladies et il semble qu'il soit particulièrement efficace dans des maladies mésenchymateuses.

Or, dans le cours de traitement par l'ACTH, il a été observé que des abcès incisés ne se couvraient pas de tissus de granulation. De même la cicatrisation des plaies de biopsie fut retardée pendant l'administration de cortisone et ne se fit qu'après la suspension du médicament.

Ces observations ont fait rechercher si l'administration de cortisone pouvait inhiber le processus normal de granulations dans les plaies artificiellement créées. On fit donc des plaies cutanées sur les deux oreilles de six paires de lapins.

Un lapin de chaque paire était traité par du cortisone de la façon suivante : $12^{mg},5$ de cortisone furent administrés par voie intramusculaire, deux fois par

(*) Séance du 9 janvier 1950.

jour, pendant 3 jours, avant la création de la plaie et pendant 5 à 8 jours après. L'autre lapin de chaque paire servait de témoin. Les animaux étaient gardés dans une pièce à température contrôlée, le traitement local préventif de l'infection était le même. De même l'alimentation. Le poids des uns et des autres resta constant.







Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Lapin de contrôle : section transversale de l'oreille au niveau d'une plaie expérimentale, au huitième jour. A la base, le cartilage de l'oreille. On note la grande épaisseur du tissu de granulation, la présence de vaisseaux nouveaux et l'élaboration de fibrilles de réticuline.

Fig. 2. — Lapin traité par le cortisone. Section transversale de l'oreille au niveau d'une plaie expérimentale, au huitième jour. Des vaisseaux laissés intacts lors de l'ablation de la peau se voient au centre de la préparation. On note la densité des fibroblastes légèrement augmentés de volume à côté du tissu normal.

Le développement des granulations chez les animaux traités par le cortisone fut notoirement en retard dans tous les cas. Macroscopiquement, au 5e et au 8e jour, les lapins montraient peu ou pas de granulations; les vaisseaux de la plaie se dessinaient clairement tandis que les témoins avaient une bonne couche de granulations, masquant les vaisseaux.

Les Lapins traités par le cortisone présentèrent des symptômes d'hyperadré-

nalinémie tels que disparition des éosinophiles circulants, une hyperglycémie modérée après les repas, et une grande augmentation du glycogène dans le foie. La charge protéique du sérum resta la même chez tous les Lapins.

Histologiquement, les Lapins traités par le cortisone montrèrent aussi bien le 5e que le 8e jour, une frappante diminution des formations conjonctives nouvelles. La hauteur des granulations était manifestement abaissée. On ne vit pas ou on vit peu de vaisseaux nouveaux. Au 8e jour il y avait des fibroblastes formant des sortes de nids compacts au niveau des anciens vaisseaux. Chez les témoins, les fibroblastes étaient disséminés sur toute la surface de la plaie. Entre les fibroblastes on vit apparaître des fibrilles et il n'y avait plus de substance fondamentale.

Cette suppression de tout élément nouveau de tissu conjonctif est identique à celle que l'on constate dans le scorbut. Les niveaux de l'acide ascorbique du plasma chez les Lapins traités au cortisone avaient une tendance à être plus bas que chez les témoins, sans cependant, atteindre zéro.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les glandes annexes de la chambre périvulvaire de certains Gryllides.* Note de Mlle **Suzel Braesch**, présentée par M. Maurice Caullery.

La dissection des organes génitaux femelles de Gryllides du genre *Gryllus*, permet d'observer des glandes se déversant dans la chambre périvulvaire, et dénommées : *glandes annexes de la chambre périvulvaire*.

Pour certaines espèces, ces glandes ont été décrites par Dufour, Cappe de Baillon ([1]), G. Cousin ([2]), Hirowo ([3]); elles ont été ignorées par Berlese; enfin Fenard et récemment André Voy en ont nié l'existence.

Ces glandes sont au nombre de deux, symétriques par rapport à l'axe de l'animal, s'ouvrant largement dans la chambre périvulvaire en deux régions latéro-ventrales. Elles ont la forme de *petites houppes situées de chaque côté de la papille... à la hauteur de sa pointe* ([1]). Chaque glande est typiquement constituée :

1° dans la région distale, de digitations plus ou moins nombreuses, ramifiées ou non;

2° dans la région proximale, d'un réservoir central vers lequel convergent les digitations.

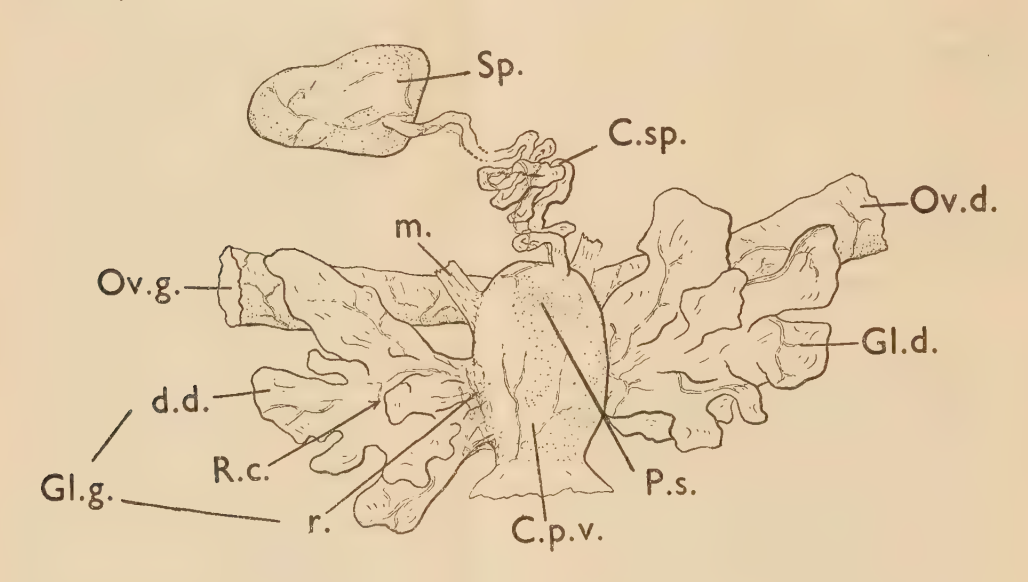
Le réservoir est continué par une zone aplatie dorso-ventralement, par laquelle les produits de la sécrétion se déversent dans la chambre périvulvaire.

([1]) *La Cellule*, 32, 1920, p. 28-29.

([2]) *Bull. biol., France Belgique*, 72, 1938, p. 99-100.

([3]) *Arch. anat. micr.*, 20, 1924, p. 407.

Cette zone ne comprend sans doute pas un seul canal déférent mais un ensemble de canalicules. J'ai particulièrement étudié les deux espèces *Gryllulus domesticus L.* et *Gryllus campestris L.* En outre, j'ai retrouvé ces glandes chez d'autres Gryllides : *Gryllus bimaculatus* de Geer (Pyrénées orientales), *Gryllus leucostomus* Serville (Cameroun), *Gryllus servillei* Saussure (Australie), *Gryllus bermudensis* Caudell (Iles Bermudes), *Gryllulus burdigalensis* Latr. (Lot-et-Garonne).



Gryllus campestris ♀, organes génitaux : chambre périvulvaire et ses annexes.
Sp., spermathèque; *Ov. d.*, *Ov. g.*, oviducte droit et gauche; *C. sp.*, canal spermatique; *Gl. d.*, *Gl. g.*, glande annexe droite et gauche; *d. d.*, digitations distales; *R. c.*, réservoir central; *r.*, région déférente; *P. s.*, papille séminale vue par transparence, partie chitinisée; *C. p. v.*, chambre périvulvaire; *m*, muscles.

Chez toutes les espèces étudiées, les glandes occupent la même position. D'une part, elles ont une morphologie générale correspondant à la description type qui en a été donnée. Mais elles diffèrent cependant par deux séries de caractères portant sur le nombre de leurs ramifications et l'importance du réservoir central. Chez *G. domesticus* et *G. servillei*, les ramifications sont petites et nombreuses, tandis que, chez *G. campestris* et *G. bimaculatus*, elles sont massives, et, au contraire, très longues et peu ramifiées chez *G. leucostomus*. Le réservoir central des glandes de *G. domesticus* présente le minimum de développement relatif, et le maximum chez *G. bimaculatus*. A la dissection, ces glandes sont donc bien caractérisées.

D'autre part, leur comportement vis-à-vis des colorants, si la coloration n'est pas trop poussée, permet de les distinguer du corps gras environnant. Le rouge Soudan III colore le corps gras en masse, et ne fait apparaître que des granulations irrégulières sur les glandes annexes. Celles-ci sont, en outre,

colorées d'une façon différentielle par le vert de méthyle en solution légèrement acide. Enfin les contours arrondis, bien définis, des digitations de ces glandes permettent de ne pas les confondre avec les nombreux muscles environnants constituant les élements moteurs de l'armature génitale.

Pour confirmer les résultats obtenus à l'observation directe, des coupes ont été faites dans ces glandes. Elles ont permis d'étudier leur structure glandulaire. Les cellules sécrétrices, typiques, ont un noyau périphérique. Un coagulum a pu être observé dans la lumière des tubes. Enfin, les notions ci-dessus concernant les régions distale et proximale, ont pu être vérifiées par l'étude de coupes sériées.

Signalons que, si la morphologie de ces glandes a été étudiée, seules des hypothèses ont été émises sur leur rôle, qui n'ont pas été confirmées expérimentalement. Celui-ci serait, d'après Hirowo ([4]), la lubrification de l'ovipositeur et l'agglutination des œufs.

ENDOCRINOLOGIE. — *Développement intra-utérin des embryons de Souris dont les ébauches de l'hypophyse ont été détruites, au moyen des rayons* X, *au* 13[e] *jour de la gestation.* II. *Développement des capsules surrénales.* Note (*) de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Jacques Trefouël.

Nous avons décrit antérieurement ([1]) le développement du tractus génital des fœtus de Souris dont les ébauches hypophysaires avaient été détruites par irradiation localisée au moyen des rayons X. Nous apportons ici la description de la structure des capsules surrénales de ces fœtus ainsi hypophysectomisés.

Conditions expérimentales. — Les conditions de destruction de l'hypophyse des fœtus utilisés pour cette étude, ont été indiquées précédemment ([1]). Dix fœtus, et leurs témoins, sacrifiés à l'âge de 18 jours, ont été utilisés pour ces recherches : chez deux d'entre eux [n[os] 1432 (♂) et 1452 (♀)], il ne persiste aucun résidu hypophysaire; chez quatre autres [n[os] 1444 (♂), 1466 (♂), 1454 (♀) et 1464 (♀)], la destruction des ébauches hypophysaires a été subtotale (à la périphérie d'une masse de cellules nécrosées persistent seulement quelques noyaux hypercolorés ou quelques cellules altérées); chez les autres fœtus, la destruction des ébauches hypophysaires n'est que partielle. Dans tous ces cas, la destruction de l'hypophyse fœtale s'accompagne de la destruction de toute la région du cerveau traversée par le faisceau cylindrique (de $2^{mm},5$ de diamètre) de rayons X.

([4]) A. Voy, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1384.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 206 et 596; *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 954 et 959.

Résultats obtenus. — Nos observations portent sur les points suivants :

a. Développement général et dimensions des capsules surrénales. — Après destruction des ébauches hypophysaires de l'embryon, l'histogénèse générale des capsules surrénales s'est effectuée suivant un mode normal : à terme, l'organe est constitué par la partie médullaire enveloppée par la substance corticale. Les mensurations effectués chez quatre fœtus et leurs témoins, indiquent que les surrénales des fœtus 1432 et 1452 sont plus petites que celles de leurs témoins respectifs; des déterminations volumétriques devront être effectuées pour préciser cette réduction et la comparer au volume des autres organes; d'après les évaluations que permettent les mesures actuelles, la réduction du volume du cortex ne doit pas dépasser, en valeur absolue, chez les fœtus 1432 et 1452, 20 à 30 %, par rapport aux témoins.

b. Structure histologique du cortex. — Le cortex des fœtus à hypophyse détruite diffère du cortex des témoins par les caractères suivants : α. les cellules corticales sont plus petites, leur contour est en général polygonal au lieu d'être sphérique; leurs noyaux sont presque toujours ovoïdes ou irréguliers au lieu d'être sphériques; enfin, leur cytoplasme n'est pas éosinophile ou ne l'est que très légèrement, alors qu'il l'est très fortement chez les fœtus témoins; ces modifications sont particulièrement accentuées dans la moitié interne du cortex : à la place des larges cellules éosinophiles (les futurs spongiocytes) des témoins, on ne trouve que des cellules à surface déprimée, à cytoplasme clair, souvent d'aspect vacuolaire (ceci devant vraisemblablement correspondre à une absence de formation de lipoïdes); β. très peu de cellules, de la zone interne du cortex, pénètrent dans la médullaire, alors que des travées entières de cellules corticales s'y encastrent chez les témoins; *c.* enfin la zone la plus externe du cortex est peu différenciée, alors qu'elle s'organise déjà en zone glomérulaire chez les témoins.

Ces trois modifications sont très nettes chez les fœtus n° 1432, 1444 et 1452; elles sont un peu moins marquées mais présentes, chez le fœtus n° 1454. Elles sont présentes chez les fœtus 1466, 1468 et 1470 à résidu hypophysaire altéré.

Ainsi, après destruction par les rayons X des ébauches hypophysaires des fœtus de Souris, les capsules surrénales de ces fœtus diffèrent principalement de celles des témoins, par des modifications morphologiques des cellules corticales rappelant celles que l'on observe chez l'adulte après hypophysectomie; ces modifications paraissent relever d'une absence de stimulation de ces glandes par une corticotrophine hypophysaire; nos constatations expérimentales plaident donc en faveur de la sécrétion d'une hormone corticotrope par l'hypophyse fœtale; elles n'en apportent toutefois pas une preuve définitive car, dans ces expériences, les rayons X ont provoqué à la fois la destruction de l'hypophyse et la destruction du cerveau autour de l'emplacement des ébauches hypophysaires, avec nécrose des cellules cérébrales, ce qui a pu exercer secondairement une action nocive sur le fœtus; il sera nécessaire de greffer au fœtus

ainsi hypophysectomisé, une hypophyse embryonnaire pour décider si c'est bien, comme cela paraît probable, la seule destruction de l'hypophyse qui est la cause de ces altérations du cortex surrénalien ([2]).

Il est en outre, intéressant de constater que ces altérations du cortex surrénal, contrastent, chez les fœtus mâles hypophysectomisés, avec le beau développement de l'interstitielle testiculaire ([3]).

CYTOCHIMIE. — *L'acide ribonucléique des mitochondries et des microsomes du foie et ses variations au cours du jeûne protéique.* Note de Mme **Colette Vendrely** et M. **Roger Vendrely**, présentée par M. Robert Courrier.

Les variations assez considérables que subit l'acide ribonucléique (ARN) du foie au cours du jeûne protéique [alors que l'acide désoxyribonucléique (ADN) reste sensiblement constant] ont été signalées par de nombreux auteurs, en particulier Davidson et Waymouth ([1]), Campbell et Kosterlitz ([2]); plus récemment par Mandel et ses collaborateurs ([3]) et par Lagerstedt ([4]). On admet actuellement que l'acide ribonucléique joue un rôle fondamental dans le métabolisme des protéines.

D'autre part, les travaux de Claude et de son école ont montré que l'ARN cytoplasmique était essentiellement supporté par les microsomes et dans une moindre proportion par le chondriome.

Nous avons voulu étudier comment varie l'ARN dans chacune de ses deux localisations cytoplasmiques au cours du jeûne protéique.

Nos expériences ont porté sur deux lots de rats adultes, l'un (8 animaux) a servi de témoin et a été nourri normalement, l'autre (12 animaux) a été

([2]) Nous avons déjà mentionné antérieurement (*Comptes rendus*, 217, 1943, p. 555 et *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 658) ces altérations du cortex surrénal chez des fœtus présentant des destructions hypophysaires importantes associées à d'autres destructions. Chez les fœtus de rats décapités, L. J. Wells a signalé d'abord (*Anat. Rec.*, 97, 1947, p. 409) une forte réduction du volume des capsules surrénales puis décrit (*Anat. Rec.*, 103, 1949, p. 563) des modifications cytologiques du cortex, et signalé que l'injection de corticotrophine aux fœtus décapités, prévient ces changements. Chez les fœtus de lapins décapités, A. Jost, a également constaté (*C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 273) une très forte atrophie du cortex surrénal.

([3]) Comment interpréter cette constatation? Le comportement différent de l'interstitielle fœtale et des cellules du cortex surrénalien ne tiendrait-il pas au moment différent, par rapport à celui où la destruction hypophysaire est devenue totale, auquel ces deux glandes entrent sous le contrôle hypophysaire? On peut également se demander si des sécrétions placentaires n'ont pas pénétré dans le fœtus hypophysectomisé et stimulé l'interstitielle testiculaire, mais n'auraient pas eu d'action sur le cortex surrénal.

([1]) *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 379.

([2]) *J. Physiol.*, 106, 1947, p. 12.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2019.

([4]) *Acta anatomica*, 7, 1949, supp^t 9.

soumis à un régime dépourvu de protéines. Après 40 jours, tous les animaux ont été sacrifiés et leurs foies ont été prélevés. Les rats soumis au jeûne avaient perdu 36,2 % de leur poids initial.

De ce matériel nous avons entrepris l'étude chimique d'une part, l'étude cytologique d'autre part.

Étude chimique. — 1° sur un échantillon homogène de pulpe de foie provenant de l'ensemble des organes des animaux d'un même lot, nous avons effectué le dosage de l'ARN total et de l'ADN [Méthode de Schneider modifiée (5)].

Résultats. — Nos résultats rapportés à 100g de foie frais initial (6) ont été les suivants : Pour les rats témoins, 0g,59 d'acide à ribose et 0g,217 d'acide à désoxyribose; pour les jeûneurs ARN : 0g,47 ADN : 0g,204.

Fait déjà de nombreuses fois signalé, l'ADN s'est maintenu sensiblement constant malgré le jeûne, alors que l'ARN a diminué d'environ 21 %.

2° A partir d'un autre échantillon de pulpe de foie, nous avons isolé les mitochondries par la méthode au saccharose d'Hogeboom, Schneider et Pallade (7) pour en déterminer la teneur en ARN et nous avons séparé le résidu cytoplasmique renfermant les microsomes.

En ce qui concerne les foies des rats soumis au jeûne, il nous a été facile d'obtenir très rapidement une suspension très propre de chondriosomes en grains et en bâtonnets selon leur morphologie classique. Le matériel obtenu à partir des foies des rats bien nourris était également du chondriome authentique, mais la suspension en était moins propre. La cellule hépatique des animaux bien nourris est riche en substances de réserve et nous n'avons pas pu éliminer complètement une impureté (probablement lipidique), de trop longues manipulations risquant d'altérer les fragiles structures mitochondriales. Nous avons donc utilisé ce matériel tel qu'il était, ce qui nous oblige à prendre certaines précautions pour l'expression et l'interprétation des résultats.

Résultats. — La masse des mitochondries extraites des foies des témoins était dans notre expérience de 285mg et celle des mitochondries extraites du même poids de foie des jeûneurs était de 244mg. Si l'on considère que la masse des chondriosomes des témoins doit subir une certaine correction du fait de la surchage due à la présence de l'impureté dont nous avons parlé, les deux résultats précédents paraissent assez peu différents.

Quant à la teneur en ARN du chondriome, nous l'exprimerons non pas par rapport au poids de chondriosomes mais par rapport à 100g de foie frais initial :

---

(5) *Experientia*, IV, 10, 1948, p. 434.

(6) Le poids du foie frais initial chez le rat jeûneur doit être déterminé arbitrairement au moyen du rapport :

$$\frac{\text{poids du foie}}{\text{poids du corps}}(\text{témoin}) = \frac{x}{\text{poids du corps avant l'expérience}}(\text{jeûneur})$$

(7) *Proceed. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 65, 1947, p. 320. *J. Biol. Chem.*, 172, 1948, p. 610.

ARN du chondriome pour 100g de foie témoin : 46mg.

ARN du chondriome pour 100g de foie des jeûneurs : 44mg.

Ces résultats montrent que la teneur du chondriome en ARN est restée sensiblement constante au cours du jeûne protéique et que la diminution notable d'ARN total est, selon toute vraisemblance, due seulement à la diminution, soit de la quantité des microsomes, soit de leur teneur en ARN.

Étude cytologique. — L'examen des préparations de foie fixé au Helly colorées à l'hématoxyline ferrique nous a permis de constater que les chondriosomes sont tout à fait comparables, quant à leur nombre et quant à leur taille, chez les animaux témoins et chez les animaux soumis au jeûne. Cela vient confirmer les résultats de notre étude chimique.

La basophilie de la cellule hépatique étudiée par la coloration au vert de méthyle-pyronine est nettement diminuée chez les rats soumis au jeûne protéique. Ce fait est très vraisemblablement en rapport avec la diminution de l'acide ribonucléique des microsomes.

Conclusion. — Au cours d'un jeûne protéique de 40 jours, l'acide ribonucléique du foie a diminué de 21 % environ. Le chondriome n'a pas sensiblement varié ni en masse, ni dans sa teneur en ARN. La forte baisse de l'ARN hépatique semble donc affecter exclusivement les microsomes.

GÉNÉTIQUE MÉDICALE. — *Rapports entre le sexe des nouveau-nés et l'intervalle séparant leurs naissances.* Note (*) de M. **Raymond Turpin**, Mme **Denise Deroche** et M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons considéré l'intervalle séparant deux naissances consécutives dans 826 familles françaises contemporaines de 7 à 13 enfants, renseignements recueillis par nous au Service de la Médaille des Familles auprès du Ministère de la Santé publique et de la Population.

Ces intervalles se répartissent en quatre groupes :

(*gg*) : entre deux garçons;

(*gf*) : entre un garçon et une fille;

(*fg*) : entre une fille et un garçon;

(*ff*) : entre deux filles.

Les familles présentant une ou plusieurs naissances gémellaires ont été exclues de ce travail.

Notons d'abord une confirmation de nos travaux antérieurs (1) : nous avons observé 1778 intervalles (*gg*); 3362 intervalles (*gf*) ou (*fg*) et 1636 intervalles (*ff*) au lieu des valeurs 1759,7; 3386,7 et 1629,6 qu'aurait respectivement indiquées la loi binomiale. Bien que sur ce faible échantillon la différence ne

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) R. Turpin et M. P. Schützenberger, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1845-1846.

soit pas statistiquemement significative, elle est du même sens que celle que nous avions observée antérieurement ([1]), montrant une liaison positive entre le sexe des enfants successifs.

Si l'on considère maintenant l'intervalle de temps séparant les naissances successives en prenant le mois comme unité on arrive aux résultats suivants :

Durée moyenne des intervalles	(*gg*)	18,38
» »	(*gf*)	19,03
» »	(*fg*)	18,27
» »	(*ff*)	17,56

Plus précisément, les intervalles suivant un garçon sont plus longs que les intervalles suivant une fille de 0,776 mois et les intervalles séparant deux enfants de même sexe sont plus courts que les intervalles séparant deux enfants de sexes opposés de 0,658 mois. Par contre, la différence entre les intervalles se terminant par un garçon et ceux se terminant par une fille est infime : 0,023 mois.

Nous avons testé ces différences au moyen de l'analyse de variance, bien que les trois conditions : normalité, indépendance et orthogonalité ne soient pas rigoureusement remplies, tout spécialement en ce qui concerne la première de celles-ci. Éliminant de la somme totale des carrés, la part qui en revient aux différences systématiques entre intervalles de rang différent (il y a un allongement régulier des intervalles avec le rang de naissance), nous avons trouvé une variance résiduelle de 121.68 (estimée sur 6 710 degrés de liberté) et des variances de 1019,84 et 734,23 (soient des rapports de variance F de 9,03 et 6,03) pour les deux comparaisons $[(gg)+(gf)-(fg)-(ff)]$ et $[(gg)+(ff)-(gf)-(fg)]$, respectivement. Ces différences sont donc statistiquement différentes de zéro : *elles ne peuvent pas être attribuées à des fluctuations d'échantillonnage*.

Même si la diminution du temps moyen séparant deux grossesses consécutives quand le premier enfant de l'intervalle est une fille, évoque, à la rigueur, l'intervention des facteurs psychologiques et sociologiques (désir d'un héritier mâle?), il ne saurait évidemment en être de même de l'accroissement de l'intervalle entre enfants de sexes opposés qui traduit sans aucun doute un phénomène physiologique profond. Nous y voyons l'effet de ces périodes gynophiles et androphiles que nos recherches précédentes nous avaient amenés à faire intervenir dans le mécanisme de la détermination du sexe dans l'espèce humaine.

La séance est levée à 16h5m.

L. B.